






La Biodiversidad en Guanajuato

Estudio de Estado

Volumen II

La Biodiversidad en Guanajuato

Estudio de Estado

Volumen II

Primera edición, 2012
D.R. © 2012 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Liga Periférico – Insurgentes Sur 4903 Parques del Pedregal, Tlalpan, 14010 México, D. F. http://www.conabio.gob.mx
D.R. © 2012 Instituto de Ecología del Gobierno del Estado Guanajuato. Aldana # 12, esquina calle República Mexicana, zona XIV, barrio Pueblito de Rocha, Guanajuato, Guanajuato. http://www.ecologia.guanajuato.gob.mx

La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado.
ISBN: 978-607-7607-78-6
Volumen II
ISBN: 978-607-7607-80-9

Coordinación, edición y seguimiento general:
CONABIO
Andrea Cruz Angón
Erika Daniela Melgarejo
Ana Victoria Contreras Ruiz Esparza
María Alejandra González Gutiérrez

IEE
Rodolfo Becerril Patlán
David Guzmán González
Oscar Báez Montes

Compilación y Edición Técnica y Científica:
MEDIO FÍSICO: María Zorrilla Ramos; **SOCIEDAD Y ECONOMÍA:** María Zorrilla Ramos; **MARCO LEGAL E INSTITUCIONES:** María Zorrilla Ramos; **USOS DE LA BIODIVERSIDAD:** Ramón Cecaira Ricoy y T. del Rosario L. Terrones Rincón; **AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD:** María Zorrilla Ramos, Oscar Báez Montes y T. del Rosario L. Terrones Rincón; **DESDE LA SOCIEDAD:** María Zorrilla Ramos; **ECOSISTEMAS:** Sergio Zamudio Ruíz; **DIVERSIDAD DE ESPECIES:** Ramón Cecaira Ricoy, Oscar Báez Montes y T. del Rosario L. Terrones Rincón; **DIVERSIDAD GENÉTICA:** Oscar Báez y T. del Rosario L. Terrones Rincón; **PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN:** Ramón Cecaira Ricoy.

Corrección de estilo:
Escargot servicios editoriales

Diseño y Formación:
Escargot servicios editoriales

Cuidado de la edición:
Oscar Báez Montes
Vianney A. González Luna
Daniar Chávez Jiménez
Erika Daniela Melgarejo
Ana Victoria Contreras Ruiz Esparza
Andrea Cruz Angón
María Alejandra González Gutiérrez

Fotografía:
Concursos de fotografía Estatal "La Biodiversidad de Guanajuato: Capturando su grandeza" (2010) y "Cuidemos Nuestros Humedales" (2009).

Cartografía:
J. Isidro Cuevas Carrillo
Javier Vega Ruiz

Revisión técnica de textos, y listados de especies:
Andrea Cruz Angón, Erika Daniela Melgarejo, Fernando Camacho Rico, Ana Victoria Contreras Ruiz Esparza, Diana Hernández Robles, Susana Ocegueda Cruz, Sofía Escoto Hernández, Martha Alicia Reséndiz López, Rafael Pompa Vargas, Nubia Betzabé Morales Guerrero, Wolke Tobón Niedfeldt, Alejandra Campos Salgado, Bárbara Romano Márquez y María Alejandra González Gutiérrez.

Agradecimientos: El Gobierno del Estado de Guanajuato a través del Instituto de Ecología, y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, expresan su reconocimiento a todas aquellas instituciones y personas que colaboraron en la elaboración del presente Estudio de Estado, en particular a Enrique Kato Miranda y Fernando Camacho Rico quienes estuvieron involucrados en el proceso de formulación de este documento.

Salvo en aquellas contribuciones que reflejan el trabajo y quehacer de las instituciones y organizaciones participantes, el contenido de las contribuciones es de exclusiva responsabilidad de los autores.

Fotografías de la portada:

Volumen I: Monumentos (Cynthia Selene Vélasquez J.), Garambullo (Tlathui Benavides Trejo), Hongo nodriza (Laura Cecilia Martínez Ramírez), En la Crisis (María Isabel Ledesma Ibarra), Cachorro de Puma en la Cuenca de la Esperanza (Yadira Fabiola Estrada Sillas), Sobre Calas (Emilio Vargas Colmenero) y Ritmo natural (Ignacio Alfredo Ponce Ornelas).

Volumen II: Monumentos (Cynthia Selene Vélasquez J.), Atardecer compartido (José Adrián Ibarra Buenrostro), Escondida en la soledad (César Noé Camargo Pérez), En la mira (Edgar Pedro Méndez Vázquez), Como ventana a la paz (Gilberto Mosqueda Torres), Atardecer migratorio (Oscar Báez Montes) y Bosque de Galería en Las Musas (Oscar Báez Montes).

Forma de citar:
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2012. La biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE). México.

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

MENSAJE DEL GOBERNADOR

Guanajuato estableció desde 2007 su compromiso ante el cambio climático, creó la primera Comisión Intersecretarial a nivel estatal en el país. Desde entonces identificó la relevancia del tema de la biodiversidad como parte integral de una gestión ambiental centrada en la adaptación y mitigación de los efectos del calentamiento global.

La política adoptada en Guanajuato, se alinea a la declaratoria de 2010 como Año Internacional de la Biodiversidad. Con ello, se acordó que sin la instrumentación de un programa estratégico de conservación y sustentabilidad ocasionaremos la pérdida progresiva e irreversible de la flora y fauna, con lo que se pone en riesgo nuestro propio modelo de desarrollo.

Con la enorme colaboración y respaldo de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, nos planteamos explorar la situación del conocimiento integral de la biodiversidad en nuestro Estado. Al ser un tema no revisado, representa todo un reto.

En este estudio mostramos la gran variedad de bienes y servicios que los ecosistemas proporcionan a la sociedad guanajuatense: la provisión de alimentos, productos medicinales y materias primas que apoyan las actividades productivas, la captación de agua de lluvia, la regulación del clima y de poblaciones de organismos indeseables, la formación de suelos y la polinización, entre otros.

La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado, compila e integra con un lenguaje sencillo, la mayor parte de la información de las ciencias ambientales y las ciencias sociales generada para el estado a nivel nacional e incluso internacional. Incluye además, la documentación validada del conocimiento tradicional y empírico que se tiene en la sociedad en relación con la biodiversidad.

Se incluyen los componentes físicos, socioeconómicos, normativos e institucionales y se enriquece con documentos de asociaciones civiles y habitantes de comunidades que externan sus experiencias en campo y que en suma representan la contribución de 243 autores de 51 instituciones y la activa y decidida participación por parte de la Universidad de Guanajuato, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, el Instituto de Ecología, A.C., la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y el Gobierno del Estado, a través del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato.

Con esta publicación se concreta el gran esfuerzo realizado para su elaboración, generando un parteaguas en el conocimiento integral de la biodiversidad en el Estado de Guanajuato. Ahora se reconoce que aún contamos con elementos de diversidad de especies sobresalientes a nivel nacional, superior incluso a lo que se creía antes de la realización del estudio.

Este conocimiento nos obliga a conservar y usar sustentablemente nuestros recursos naturales. En los próximos años, su protección se convertirá en una cuestión esencial para nuestra supervivencia, de tal manera, que invertir en nuestro

capital natural bajo una óptica de desarrollo sustentable supondrá un ahorro a largo plazo.

Con este libro e instrumentando la Estrategia Estatal de Biodiversidad, que se encuentra en elaboración, Guanajuato da un gran paso para asegurar el buen manejo de su capital natural.

No obstante, hace falta mucho trabajo por delante, que sólo se logrará conjuntando esfuerzos entre la sociedad, instituciones educativas, de investigación y el gobierno. Todos deben participar en la elaboración de políticas públicas y mecanismos de respuesta necesarios para que la conservación y usos de la biodiversidad estimulen los procesos de sustentabilidad, atendiendo especialmente a un mejor ordenamiento y gestión del territorio estatal.

Estos mecanismos deben considerar los efectos, las adaptaciones y mitigaciones al cambio climático, así como una valoración adecuada del patrimonio natural. Es el momento de tomar conciencia en que nuestro bienestar depende de la conservación y uso sustentable de los servicios que los ecosistemas nos proveen. Ello, nos lleva a ser copartícipes esenciales de un nuevo modelo de desarrollo.

Lic. Miguel Márquez Márquez
Gobernador del Estado de Guanajuato



PRESENTACIÓN

El dicho popular de que no se puede valorar ni cuidar lo que no se conoce, encierra una gran verdad.

El libro La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado representa un gran avance en la difusión a la sociedad del conocimiento sobre la diversidad biológica y su importancia para el desarrollo sostenible del estado de Guanajuato.

Esta obra es un antecedente necesario para la elaboración e instrumentación de la Estrategia Estatal sobre Biodiversidad, que tiene como objetivo fundamental conservar y hacer un uso racional del capital natural del estado, incluidos los servicios ambientales que ese capital provee en beneficio de la sociedad guanajuatense. Asimismo, contribuye al cumplimiento de las actividades de instrumentación de la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad del País, como parte de los compromisos adquiridos por México ante el Convenio sobre Diversidad Biológica (cdb).

Para la conabio ha sido un privilegio colaborar con el Gobierno del estado de Guanajuato, a través del Instituto de Ecología del Estado, que dio seguimiento puntual a esta iniciativa, con lo que demuestra un gran interés y compromiso con la sociedad del estado.

Esta publicación está constituida por contribuciones que reúnen información confiable y actual sobre la situación de la biodiversidad en el Estado de Guanajuato, que las autoridades, los académicos, las comunidades locales, los grupos indígenas y la sociedad en general podrán consultar y utilizar como elemento base para la toma de decisiones en el uso, manejo y conservación de la misma, así como en el diseño de estrategias de planeación, en beneficio del desarrollo integral de la sociedad guanajuatense y del país.

Agradecemos el compromiso y dedicación de los 243 autores pertenecientes a más de 50 instituciones, sin los cuales no hubiera sido posible la elaboración de este libro y los felicitamos por la cristalización de este gran esfuerzo. Esta numeralia habla de la capacidad institucional y humana, dispuesta a colaborar con el Gobierno del Estado, así como para comunicar su conocimiento a la sociedad Guanajuatense.

Asimismo, es necesario resaltar que la información contenida en esta obra ya ha sido utilizada durante el proceso de elaboración de la Estrategia Estatal sobre Biodiversidad del Estado de Guanajuato, y su posterior implementación.

Si bien el Estudio de Estado es una “fotografía instantánea” del conocimiento existente hasta ahora sobre la biodiversidad y su estado de conservación en la entidad, que sirven como línea de base para visualizar el proceso de cambio y modificación de los ecosistemas, es necesario mantener los esfuerzos de actualización del conocimiento sobre la biodiversidad y ante todo las acciones que permitan su conservación y uso sustentable en el largo plazo, entre las que esperamos y deseamos se contemple la constitución de una comisión estatal de biodiversidad, a semejanza de conabio pero basada en las instituciones y el personal académico de la entidad, con la disposición abierta del Gobierno del Estado y con la participación de la sociedad local.

El conocimiento que integra esta obra dista de estar completo y es necesario que se continúe la recopilación de información y que se actualice la que ya existe. Tengo la seguridad de que las instituciones locales asegurarán la continuidad de los esfuerzos en ampliar el conocimiento de la biodiversidad, identificar y registrar los cambios que experimenta y que apoyarán la difusión de esta obra, pues sólo así se logrará obtener su máximo provecho, el cual se concentra en la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad que nos pertenece a todos. Así también, tengo la certeza de que la administración gubernamental del estado, apoyará el seguimiento de este esfuerzo con el propósito de beneficiarse de la información prevista por el estudio que será aprovechado para una toma de decisiones mejor informada, respecto al capital natural de Guanajuato.

Dr. José Sarukhán Kermez
Coordinador Nacional de la CONABIO



ÍNDICE

Páginas

INTRODUCCIÓN

Andrea Cruz Angón | Ana Victoria Contreras Ruiz Esparza

En la introducción del volumen I la diversidad es definida como toda la variedad de las especies vivientes (plantas, animales, hongos, protozoarios y bacterias), así como los diversos ecosistemas donde dichas especies habitan e interactúan y la variabilidad genética que estas poseen (CDB, 1992).

En este segundo volumen de “La biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado” se presenta, de forma sintética, buena parte de la información con la que se cuenta hasta el momento sobre estos tres niveles de biodiversidad. El objetivo es poner a disposición de un público amplio, un inventario de los ecosistemas (capítulo 7), los grupos biológicos principales (capítulo 8) y algunas experiencias en el conocimiento de la diversidad genética (capítulo 9) de algunas especies en el estado. Además, en este volumen se documentan algunas experiencias de conservación de la biodiversidad (capítulo 10) y en el último capítulo (11), los compiladores y coordinadores de la obra reflexionan sobre las lecciones aprendidas que la elaboración de esta obra deja en términos del conocimiento de la biodiversidad en el estado y las acciones prioritarias para conservarla y usarla de manera sustentable.

El concepto de ecosistema

El capítulo 7 de este volumen hace un recuento de los principales tipos de vegetación registrados en el estado como una aproximación al conocimiento de la diversidad de ecosistemas de Guanajuato. De manera estricta un tipo de vegetación no es equivalente a un ecosistema, ya que éstos últimos integran todos los elementos bióticos (plantas, animales y microrganismos) y sus interacciones, como a los factores abióticos que los influyen en un lugar y tiempo determinados, sin embargo los tipos de vegetación han sido utilizados como buenos descriptores generales de los ecosistemas (Begon *et al*., 2006).

El concepto de “ecosistema” es la contracción de dos términos: sistema ecológico y fue acuñado por Sir Arthur Tansley, (Hutchings *et al*., 2012). Tansley utilizó este término para integrar en un mismo “sistema” tanto a los elementos bióticos que interactúan en un ambiente dado, como a los factores físicos que los influyen (Tansley, 1935). El concepto de ecosistema se estableció como una aproximación teórica que permitiera entender estos sistemas altamente complejos. Cabe señalar, que al igual que el concepto de especies – como se verá más adelante-, es un término que no se ha librado de controversias, discusiones científicas y filosóficas constantes (Gignoux *et al*., 2011).

El Convenio de Diversidad Biológica (CDB) establece que los ecosistemas son: “un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional” (CDB, 1992). La anterior es una definición relativamente sencilla y que ha sido aprobada por los 193 países firmantes del Convenio.

El concepto de especie

El capítulo 8 describe la diversidad de especies presentes en el estado. La especie es el nivel más conocido de la biodiversidad y es la unidad básica de la clasificación taxonómica (Levin, 1979; Mayden, 1997).

Una definición común del término "especie" puede ser: grupos de poblaciones que se entrecruzan y tienen descendencia fértil, que comparten una serie de rasgos distintivos y que evolucionan de forma separada de otros grupos (concepto biológico de especie, Mayr, 1942). Sin embargo, esta definición no toma en cuenta a las especies que no tienen reproducción sexual, como muchos microorganismos (bacterias y otros). La amplia gama de formas en las que se expresa la vida en este planeta hace muy difícil establecer un concepto universal de especie. Por ejemplo, tan solo para definir a los organismos eucariontes, es decir a aquellos cuyas células poseen un núcleo delimitado por membranas, se han identificado al menos 22 conceptos distintos de "especie" (Rosselló-Mora y Amann, 2001). Existen conceptos de especie de acuerdo con el enfoque disciplinario con el que se trabaje (Perfectti, 2002), por ejemplo el biológico (Mayr, 1942), el evolutivo (Simpson, 1961; Wiley, 1981; Templeton 1989), el filogenético (Cracraft, 1989) y el ecológico, entre otros (Mayden, 1997; Brent, 1999).

Los seres vivos y las maneras de clasificarlos

El sistema de clasificación actual de los seres vivos fue desarrollado por Carlos Linneo (1758). Está conformado por siete categorías jerárquicas principales y varias subcategorías incluyentes: 1) Reino, 2) Phyllum o División, 3) Clase, 4) Orden, 5) Familia, 6) Género y 7) Especie. Esta clasificación establece un sistema binomial, que nombra a las especies con un epíteto genérico (comúnmente se le llama: género) y un epíteto específico (o especie) (Figura 1). La ventaja de este sistema es que se evitan confusiones que pueden darse al utilizar nombres comunes, ya que estos pueden variar de acuerdo al lugar, la cultura y el idioma. En los textos técnicos o científicos, siempre se usa el sistema binomial propuesto por Linneo para nombrar a las especies. Sin embargo, en este volumen los autores hicieron un esfuerzo por utilizar tanto la nomenclatura científica (sistema binomial), como el nombre común de las especies con el fin de facilitar a los lectores no familiarizados con textos técnicos, la identificación de los organismos.

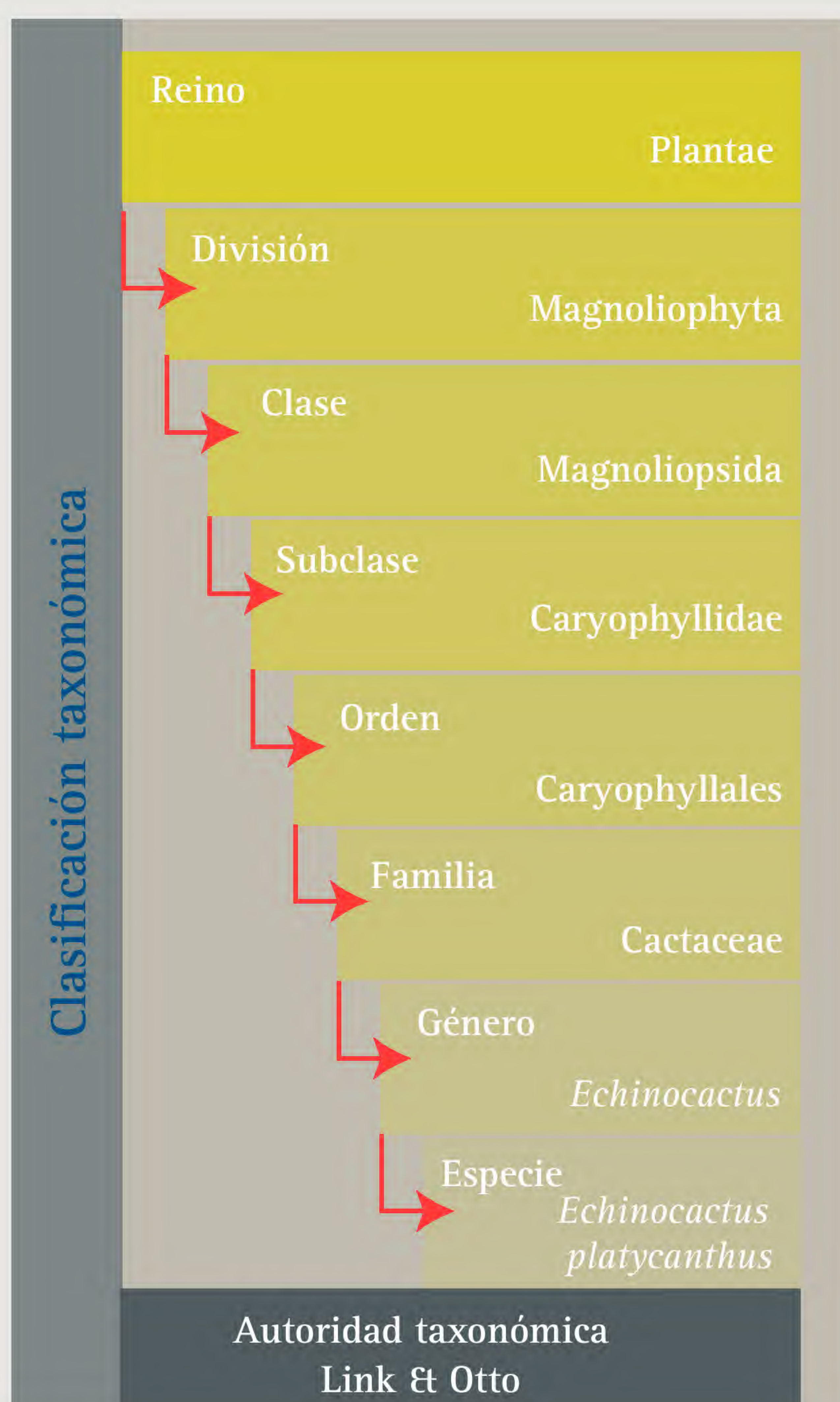
En el capítulo de Diversidad de Especies el lector podrá encontrar información de los principales grupos biológicos, comenzando por los microrganismos y terminando con los vertebrados. De manera breve se describen sus principales características, se analizan los patrones de diversidad y distribución en el estado, se describe su importancia, ya sea ecológica, económica o cultural, así como los vacíos existentes en su conocimiento y los principales retos y oportunidades de conservación, entre otros temas relevantes.

Diversidad genética

La información capaz de asegurar la permanencia de los seres vivos a través del tiempo está contenida en los genes de cada individuo. Éstos definen las formas de vida tan distintas en el planeta. La sobrevivencia de las especies ante cambios drásticos del medio ambiente depende en gran parte de la diversidad genética pre-







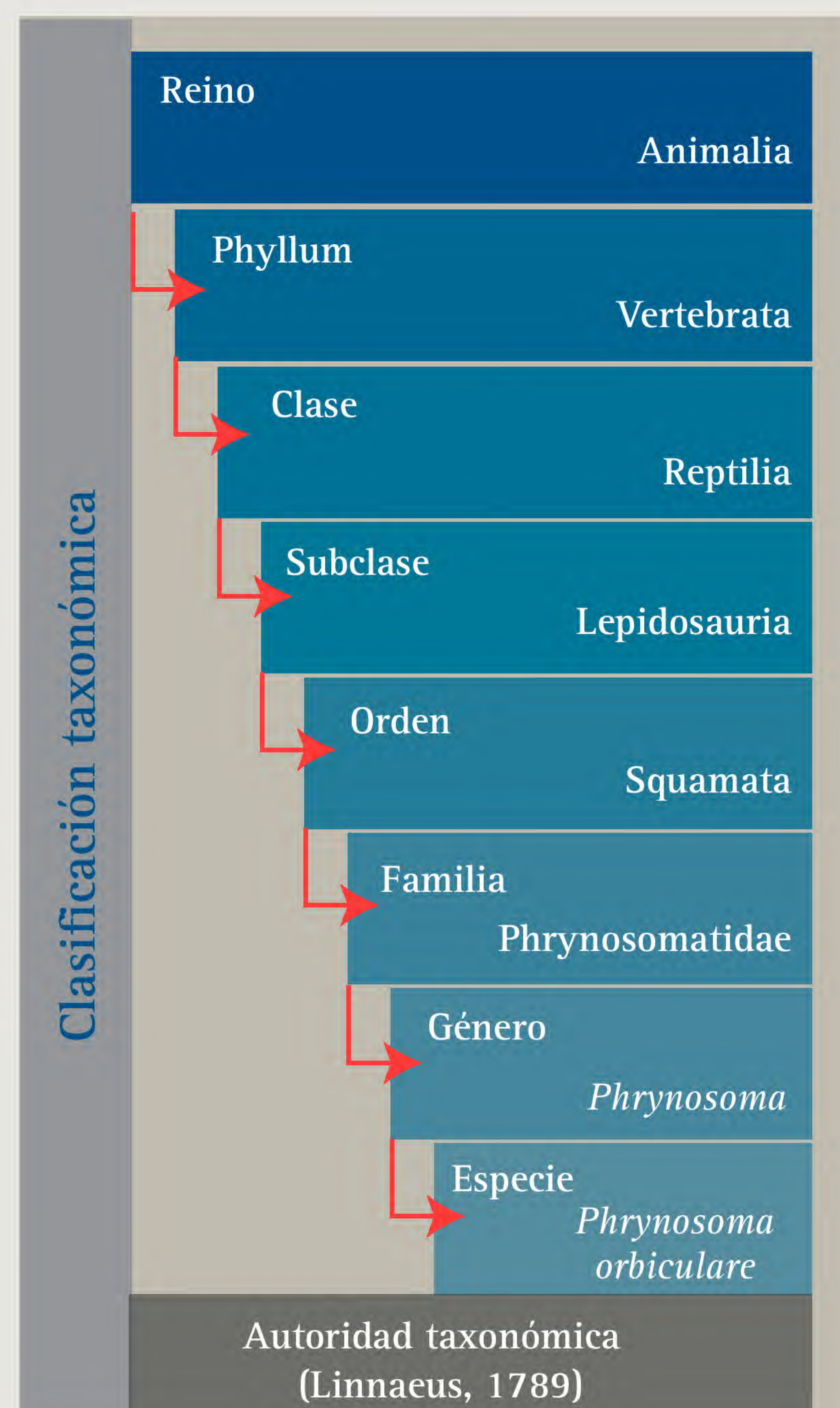


Figura 1. Clasificación taxonómica de dos especies que se distribuyen en Guanajuato. La biznaga (*Echinocactus platycanthus*) de la que se obtiene el acitrón y que se distribuye en matorrales desérticos (fotografía de Rolando T. Bárcenas) y el falso "camaleón" (*Phrynosoma orbiculare*) que se distribuye en los bosques templados (fotografía de Salvador Solís González). Ambas especies se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, la biznaga bajo protección especial y el falso camaleón como especie amenazada.

sente en sus poblaciones; ésta es la base para la evolución y la selección natural. En el capítulo 9 de este volumen, el lector podrá encontrar algunos casos de estudio que documentan estudios genéticos desde microrganismos hasta algunas especies tan importantes como el maíz.

Finalmente, como el lector podrá percibir, el conocimiento de la diversidad biológica de Guanajuato está lejos de terminarse, el capítulo 11 hace énfasis en los vacíos de información existente para algunos ecosistemas y regiones del estado, así como en algunas de las principales barreras que deberán ser sobrepasadas para asegurar la conservación y el uso sustentable del capital natural de Guanajuato.

Literatura citada

Begon, M., C.R. Townsend, J.L. Harper. 2006. *Ecology from individuals to ecosystems.* Inglaterra. Blackwell Publishing.

Brent D. 1999. “Getting Rid of Species?”. En: R. Wilson (Ed.). *Species: New Interdisciplinary Essays.* MIT Press.

CDB. 1992, *Convenio sobre la Diversidad Biológica. http://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02*, última consulta 11, julio, 2012.

Cracraft, J. 1989. “Speciation and its ontology: the empirical consequences of alternative species concepts for understanding patterns and processes of diferentiation”. En: D. Otte y J.A. Endler (Eds.): *Speciation and its Consequences.* Pp:28-59. Sinauer, Sunderland, MA.

Gignoux, J., I.D. Davies, S.R. Flint y J.D. Zucker. 2011. “The Ecosystem in Practice: Interest and Problems of an Old Definition for Constructing Ecological Models”. *Ecosystems* **14**: 1039–1054.

Hutchings, M. J., D.J. Gibson, R.D. Bardgett, M. Rees, E. Newton, A. Baier y L. Sandhu. 2012. “Tansley’s vision for Journal of Ecology, and a Centenary Celebration”. *Journal of Ecology* **100**: 1–5.

Levin, D. A. 1979. “The nature of plant species”. *Science* **204**: 381-384.

Mayr E. 1942. *Systematics and the Origin of Species from the Viewpoint of a Zoologist.* New York: Columbia University Press.

Mayden, R. L. 1997. “A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem”. En: Hawah M.F. y Wilson M.R (editors). *Species*: the units of biodiversity. Chapman and Hall, London.

Perfectti F. 2002. “Especiación: modos y mecanismos” En Soler M., *Evolución: La base de la biología.* Proyecto Sur. España.

Rosselló-Mora, R., Amann, R. 2001 “The species concept for prokaryotes”. *FEMS Microbiological Reviews* **25**:39-67

Simpson, G. G. 1961. *Principles of Animal Taxonomy.* Columbia Univ, Press, New york.

Tansley, A.G. 1935. “The use and abuse of vegetational concepts and terms”. *Ecology* **16**: 284–307.

Templeton, A.R. 1989. “The meaning of species and speciation: a genetic perspective”. En D. Otte y J.A. Endler (Eds.): *Speciation and its Consequences* pp. 3-27. Sinauer, Sunderland, MA.

Wiley, E.O. 1981. *Phylogenetics. The theory and practice of phylogenetic systematics.* Wiley-Liss, New York.



RESUMEN

Sergio Zamudio Ruiz

Por su posición geográfica en el centro de la República Mexicana, el estado de Guanajuato participa de tres de las provincias fisiográficas y geológicas de México: en el norte y noroeste la Mesa del Centro, en el extremo noreste una pequeña porción de la Sierra Madre Oriental y ocupando la parte sur el Eje Neovolcánico. La confluencia de estas tres regiones en el territorio del estado produce un paisaje accidentado, diverso y rico en geoformas, en el que la presencia de sistemas montañosos alterna con llanuras, valles, mesetas y con los profundos cañones de los ríos Santa María y Xichú, que resultan en un complejo mosaico de climas, suelos y vegetación.

Guanajuato puede considerarse como un estado moderadamente rico por su diversidad de ecosistemas. De acuerdo con el sistema de clasificación de la vegetación de México de Rzedowski (1978), los principales tipos de vegetación registrados en el estado son: bosque de *Quercus*, bosque de coníferas, bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo y pastizal. Además, en pequeños enclaves se pueden encontrar elementos del bosque mesófilo de montaña, vegetación acuática y subacuática, así como bosques de galería.

En este capítulo se describen cada una de las comunidades vegetales encontradas en el estado. Los mapas de vegetación potencial –que es una representación hipotética de cómo debieron estar distribuidos los tipos de vegetación antes de la influencia del hombre en la región– y actual ejemplifican el cambio que han tenido los ecosistemas y hacen evidente la aguda pérdida de la cubierta vegetal del estado.

En la actualidad todos los tipos de vegetación de Guanajuato se encuentran fuertemente deteriorados. La mayoría de las comunidades vegetales han sufrido cambios profundos en su estructura, composición florística y fisonomía, de tal manera que sus áreas de distribución se han reducido paulatinamente, al grado de que en muchos sitios se observan sólo restos de la vegetación original, sobre todo en áreas hoy utilizadas extensivamente con fines agrícolas en el centro y sur del estado. Las comunidades vegetales más impactadas por la agricultura son el mezquital y el matorral micrófilo, que prácticamente han desaparecido del estado; por su parte el pastizal natural y el bosque tropical caducifolio corren el riesgo de desaparecer por completo del estado en un futuro no muy lejano y es probable que algunos de sus elementos ya se hayan perdido.

Al comparar la superficie ocupada actualmente por cada tipo de vegetación con la que debió haber cubierto, de acuerdo con el mapa de vegetación potencial, se puede observar que la superficie originalmente cubierta por todos los tipos de vegetación se ha reducido en el estado en un porcentaje cercano a 66%. Más de la mitad del territorio está ocupado por extensas parcelas agrícolas, zonas urbanas, industriales y vías de comunicación, y el bosque tropical caducifolio ha sido el más afectado ya que se estima que de su área original sólo se conserva 8.32%. Otros tipos de vegetación en los que su área de distribución se ha reducido en más de 50% son el bosque de encinos, el matorral xerófilo y

Fotografía de Sergio Zamudio Ruiz.

el pastizal natural. Contrasta en cambio el hecho de que la superficie ocupada por los bosques de *Abies* y *Pinus* se ha reducido muy poco, lo cual podría explicarse por la ubicación de estas comunidades en sitios poco accesibles y alejados de las poblaciones importantes.

Se debe enfatizar que el proceso de deterioro de los ecosistemas en el estado continúa, ya que los factores causantes de su destrucción siguen presentes, por lo que su situación puede empeorar en el futuro inmediato.

Se debe tomar en cuenta también que en muchos sitios la eliminación de la cubierta vegetal ha desencadenado la ocurrencia de severos procesos de erosión y degradación del suelo, que no han sido evaluados cabalmente y en consecuencia no se han tomado las medidas necesarias para evitar su avance o reducir su extensión.

Ante este panorama es urgente que se realice un diagnóstico detallado de la erosión del suelo en el estado y se detecten las áreas susceptibles de ser conservadas, con el fin de que se tomen medidas para proteger la vegetación, se propicie la restauración de muchas áreas deforestadas y se intente detener el desgaste.

Como estudios de caso se analiza la vegetación del municipio de San José Iturbide y la situación de los lagos cráter del Valle de Santiago.



DIVERSIDAD DE ECOSISTEMAS DEL ESTADO DE GUANAJUATO

Sergio Zamudio Ruiz

Regionalización ecológica

Introducción

El estado de Guanajuato, por su posición geográfica forma parte de tres provincias fisiográficas y geológicas de México: en el norte y noroeste la Mesa del Centro, en el extremo noreste una pequeña porción de la Sierra Madre Oriental y toda la parte sur el Eje Neovolcánico (spp, 1980). La confluencia de estas tres regiones en el territorio del estado conforman un paisaje accidentado, diverso y rico en geoformas, constituidas por rocas de origen volcánico, metamórfico, sedimentario y aluvial; en el que alternan la presencia de llanuras, valles, lomeríos y mesetas, con los profundos cañones de los ríos Santa María, Xichú y sus afluentes locales, así como con sistemas montañosos de diferente altitud, los que consecuentemente producen un complejo mosaico de climas, suelos y vegetación local.



Fotografía de Sergio Zamudio Ruiz.

Zamudio, S. 2012. “Diversidad de ecosistemas del Estado de Guanajuato” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 21-55.

Mesa del Centro

La Mesa del Centro se caracteriza por la presencia de amplias llanuras de origen aluvial interrumpidas por sierras dispersas, en su mayoría de naturaleza volcánica. En ella predominan los climas semiseco y templado, la humedad aumenta de norte a sur y del centro hacia los extremos oriental y occidental. Los tipos de vegetación son los característicos de las zonas áridas y semiáridas. En la parte de la Mesa del Centro correspondiente a Guanajuato la región comprende sectores de dos cuencas hidrológicas: la del río Lerma-Chapala y la del alto río Pánuco. Además, hay áreas que corresponden a dos subprovincias: los Llanos de Ojuelos y las Sierras del Norte de Guanajuato, y dos discontinuidades fisiográficas: la Sierra de Cuatralba y los valles paralelos del suroeste de la Sierra de Guanajuato.

Eje Neovolcánico

Ocupa la mitad sur del estado de Guanajuato y está conformado por una enorme masa de rocas volcánicas de todos los tipos, acumulada a lo largo de innumerables y sucesivos episodios volcánicos. La integran grandes sierras volcánicas, coladas lávicas, conos dispersos, amplios escudo-volcanes de basalto, así como depósitos de arena y cenizas, dispersos en extensas llanuras. Otro rasgo esencial de esta provincia es la ocurrencia de amplias cuencas cerradas ocupadas por lagos, como el de Cuitzeo, o por llanos que se formaron por los depósitos en lagos antiguos. El clima dominante de la provincia es templado subhúmedo, que hacia el poniente pasa a semicálido y hacia el norte a semiseco. En las altas cumbres se encuentran climas semifríos subhúmedos. Comprende casi toda la cuenca del río Lerma que se origina al este de Toluca y atraviesa el Bajío guanajuatense hacia el oeste, hasta vertir sus aguas en el Lago de Chapala. La vegetación que prevalece en esta región está formada por bosques de coníferas y de encinos en las partes altas, por arriba de 2 200 msnm y el bosque tropical caducifolio en los terrenos que quedan por debajo de esta altitud.

La Sierra Madre Oriental

Está constituida por rocas sedimentarias marinas del Mesozoico, con predominancia de calizas y lutitas. El clima es seco y cálido en el norte (Torreón-Monterrey) pero cada vez más húmedo y tornándose semicálido hacia el sur y en las cumbres más elevadas. En las partes más altas de casi toda la provincia hay bosques de coníferas, que ceden su lugar a matorrales en las laderas norte y este, y a bosque mesófilo de montaña o bosque tropical caducifolio en el centro y sur. En el extremo noreste del estado penetra una pequeña parte de esta provincia, la que es llamada subprovincia de la Sierra Gorda.

Subprovincia de la Sierra Gorda

Esta subprovincia abarca los municipios de Xichú, Atarjea y parte de Victoria. Cubre 5.37% de la entidad. Su morfología está directamente asociada a dos sistemas hidrológicos, ambos integrantes de la cuenca del Pánuco: los ríos Santa María y Xichú y sus afluentes locales. Estas corrientes han labrado profundos valles ramificados, a veces amplios y cóncavos (sistema Xichú-Mezquital) y otros relativamente estrechos (Santa María y afluentes).

En esta provincia, en las zonas más bajas, entre 1 000 y 1 500 msnm, con climas semicálidos y semisecos se desarrollan matorrales xerófilos submontanos y crasicaules; hacia la parte media, entre 1 500 y 2 520 msnm, bajo climas semiseco y templado subhúmedo, bosques de encino o de pino-encino.

Existe una fuerte coincidencia entre la delimitación de estas provincias geológicas y fisiográficas con las provincias florísticas de México propuestas por Rzedowski (1978). La Mesa del Centro coincide con la provincia florística de la Altiplanicie, ubicada dentro de la región Xerofítica Mexicana y el reino Neotropical, que se caracteriza por la alta proporción de flora endémica y sus afinidades con la flora tropical; mientras que la porción de la Sierra Madre Oriental del extremo noreste del estado concuerda con la provincia florística de la Sierra Madre Oriental, ubicada en la región Mesoamericana de Montaña, que participa en su composición florística de

elementos tanto del reino Holártico como del Neotropical. Lo mismo ocurre con la región fisiográfica del Eje Neovolcánico, que se considera parte de la provincia florística de las Serranías Meridionales, ubicada en la región Mesoamericana de Montaña, en la que también participan elementos florísticos tanto del reino Holártico como del Neotropical.

Es necesario resaltar el hecho de que la mayoría de las sierras del estado (con la excepción de la Sierra Madre Oriental), que presentan bosques de encino o de pino por encima de 2 200 msnm, se ubican dentro de la provincia florística de las Serranías Meridionales, mientras que la parte de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, que se encuentra por debajo de esta cota altitudinal y que se caracteriza por la presencia del bosque tropical caducifolio, podría considerarse una extensión de la provincia florística de la Costa Pacífica de la región Caribea y del reino Tropical, en el sentido de Rzedowski (1978).

Vegetación

Introducción

En la actualidad la cubierta vegetal del estado de Guanajuato se encuentra fuertemente deteriorada, en muchas áreas la vegetación ha sido destruida por completo y sustituida por campos agrícolas y zonas de pastoreo, por lo que más de la mitad del territorio está ocupado por extensas parcelas agrícolas, zonas urbanas, industriales y vías de comunicación. A pesar de esto, todavía se pueden apreciar los rasgos distintivos de la vegetación original, conservada sobre todo en las regiones montañosas más alejadas de las ciudades y pueblos de difícil acceso.

La distribución de la vegetación en el estado está relacionada en términos generales con la ubicación y extensión de las provincias fisiográficas y geológicas. Cada provincia fisiográfica posee al menos un tipo de vegetación particular que la diferencia de las demás, por ejemplo, en la Mesa del Centro se encuentran el matorral crasicaule de *Opuntia-Zaluzania* o nopaleras, el matorral micrófilo y el pastizal; en el Eje Neovolcánico prevalece el bosque tropical caducifolio y en la Sierra Madre Oriental el matorral submontano; los demás tipos de vegetación se distribuyen indistintamente en las tres regiones cuando existen las condiciones climáticas propicias para su desarrollo.

Antecedentes

Alejandro Pineda publicó en 1978 un bosquejo de la vegetación del estado, en el que reconoce los siguientes seis tipos de vegetación: bosque de pino-encino, encinar, selva baja caducifolia, mezquital, matorral crasicaule y pastizal. Posteriormente, en la *Síntesis geográfica del estado de Guanajuato* (SPP, 1980), se describen 17 tipos de vegetación para el estado: bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de encino-pino, bosque de encino, chaparral, bosque de enebro, matorral crasicaule-cardonal, matorral crasicaule-nopalera, matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, matorral subtropical, mezquital, pastizal natural, pastizal halófilo, pastizal inducido y tular.

Más tarde, se realizaron algunos estudios de vegetación de alcance regional, los que ayudaron a incrementar el conocimiento de las comunidades vegetales del estado, como: la vegetación del municipio de Acámbaro (Rivas, 1980), la vegetación de las serranías de la cuenca alta del río La Laja (Quero, 1984), el bosque tropical caducifolio en la región del Bajío (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1987), la Hoya del Rincón de Parangueo (Aguilera, 1991), la vegetación y flora acuáticas de la laguna de Yuriria (Ramos y Novelo, 1993), la Sierra de los Agustinos (Rubio, 1993), los pastizales calcífilos del estado de Guanajuato (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1995), la vegetación y la flora del noreste del estado (Rzedowski, Calderón de Rzedowski y Galván, 1996), la vegetación de la Sierra de Santa Rosa (Martínez, 1999), así como la flora y fitogeografía del municipio de San José Iturbide (Gutiérrez-Gallegos, 2004).

De acuerdo con el sistema de clasificación de la vegetación de México de Rzedowski (1978), que se sigue en este trabajo, los principales tipos de vegetación registrados en el estado son: bosque de *Quercus*, bosque de coníferas, bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo y pastizal. Además, se encuentran pequeños enclaves

de bosque mesófilo de montaña, vegetación acuática y subacuática, así como bosques de galería (figura 1) (Carranza, 2005).

Descripción de los tipos de vegetación

Bosque de Quercus

Los bosques de *Quercus* o encinares son comunidades vegetales características de las áreas de clima templado y semihúmedo que se distribuyen en las regiones montañosas del país, la mayoría se encuentran entre 1 200 y 2 800 m de altitud; prosperan principalmente en condiciones de clima templado subhúmedo Cw, de la clasificación de Koeppen (1948), pero también se extienden hacia otros climas (Rzedowski, 1978).

Se estima que los encinares ocupaban originalmente casi 20% de la superficie del estado de Guanajuato (figura 2), pero actualmente sólo cubren cerca de 10%, lo que indica que se ha perdido aproximadamente 50% de su área original. Se distribuyen en laderas o en la parte alta de los cerros, tanto sobre sustratos de rocas calizas como sobre rocas ígneas. Las principales áreas cubiertas con este bosque se encuentran en la Sierra de Guanajuato, Sierra de Lobos (Sierra de Cuatralba), Sierra de la Media Luna, Sierra de Pénjamo, Sierra de Los Agustinos y en la Sierra Gorda, con áreas más pequeñas sobre algunos cerros de la parte sur del estado pertenecientes al Eje Neovolcánico; en regiones con climas templados y subhúmedos $C(w_0)$, $C(w_1)$ y $C(w_2)$, en los secos semicálidos con invierno fresco BS_1hw, en el templado con verano cálido (BS_1kw), y muy escasamente en el muy seco, semicálido con invierno fresco BWhw; con temperatura media anual de 16 a 22 °C y con promedio de precipitación anual entre 400 y 850 mm (Angulo, 1985).

En el estado se han registrado 31 especies de encinos, que forman diferentes asociaciones distribuidas de acuerdo con un gradiente climático que va de los ambientes cálidos y secos en los lugares con menor altitud, hasta los fríos y húmedos en los sitios de mayor altitud. A continuación se describen las diferentes asociaciones conocidas en el estado, partiendo de los ambientes cálidos y secos.

Bosque de Quercus jonesii

En el noreste del estado, en los municipios de San Luis de la Paz y Xichú, en una franja altitudinal que va de 1 550 a 1 700 msnm, sobre sustrato de rocas ígneas y suelos muy delgados, con grandes afloramientos de rocas y en climas que van del templado seco Cw_0, al templado intermedio Cw_1, se desarrolla un bosque de encinos dominado por *Quercus jonesii*, en el que el estrato arbóreo es bajo y abierto de 3 a 7 m de altura. Este encino puede encontrarse formando comunidades puras o mezclado con otros encinos como *Quercus grisea, Q. laeta, Q. obtusata, Q. polymorpha* y *Pinus teocote*. En el estrato arbustivo, las especies dominantes son *Arctostaphylos pungens, Comarostaphylis glaucescens, C. polifolia, Pernettya ciliata, Rhamnus microphylla, Stevia salicifolia* y otras más. Este bosque colinda en su límite inferior con los matorrales xerófilos, de hecho, el encino que se encuentra más abajo, en las cañadas y mezclado con el matorral submontano es *Quercus laeta*. En su límite superior este bosque se mezcla con el bosque de *Quercus resinosa, Q. obtusata* y *Pinus teocote*.

Bosque de Quercus resinosa

En una franja altitudinal superior a la ocupada por la asociación anterior, entre 1 700 y 2 500 m de altitud, en laderas muy empinadas, sobre afloramientos rocosos y suelo delgado y arenoso se encuentra un bosque en el que el estrato arbóreo, de 5 a 8 m de altura, está dominado por *Quercus resinosa*, y al que frecuentemente acompañan: *Q. jonesii, Q. obtusata, Q. viminea, Arbutus glandulosa, A. xalapensis*; con la presencia ocasional de *Pinus teocote*. Esta asociación se ha registrado en la Sierra Gorda, en la Sierra de la Media Luna (Quero, 1984), en la Sierra de Santa Rosa (Martínez, 1999), en la Sierra de Pénjamo y en el cerro Grande, cerca de Manuel Doblado. En la Mesa del Centro la composición de este bosque cambia un poco, desaparecen *Quercus jonesii* y *Q. viminea*, pero pueden estar presentes *Q. castanea, Q. deserticola, Q. eduardii, Q. grisea, Q. gentryi* y con frecuencia *Pinus cembroides* (figuras 3 y 4).

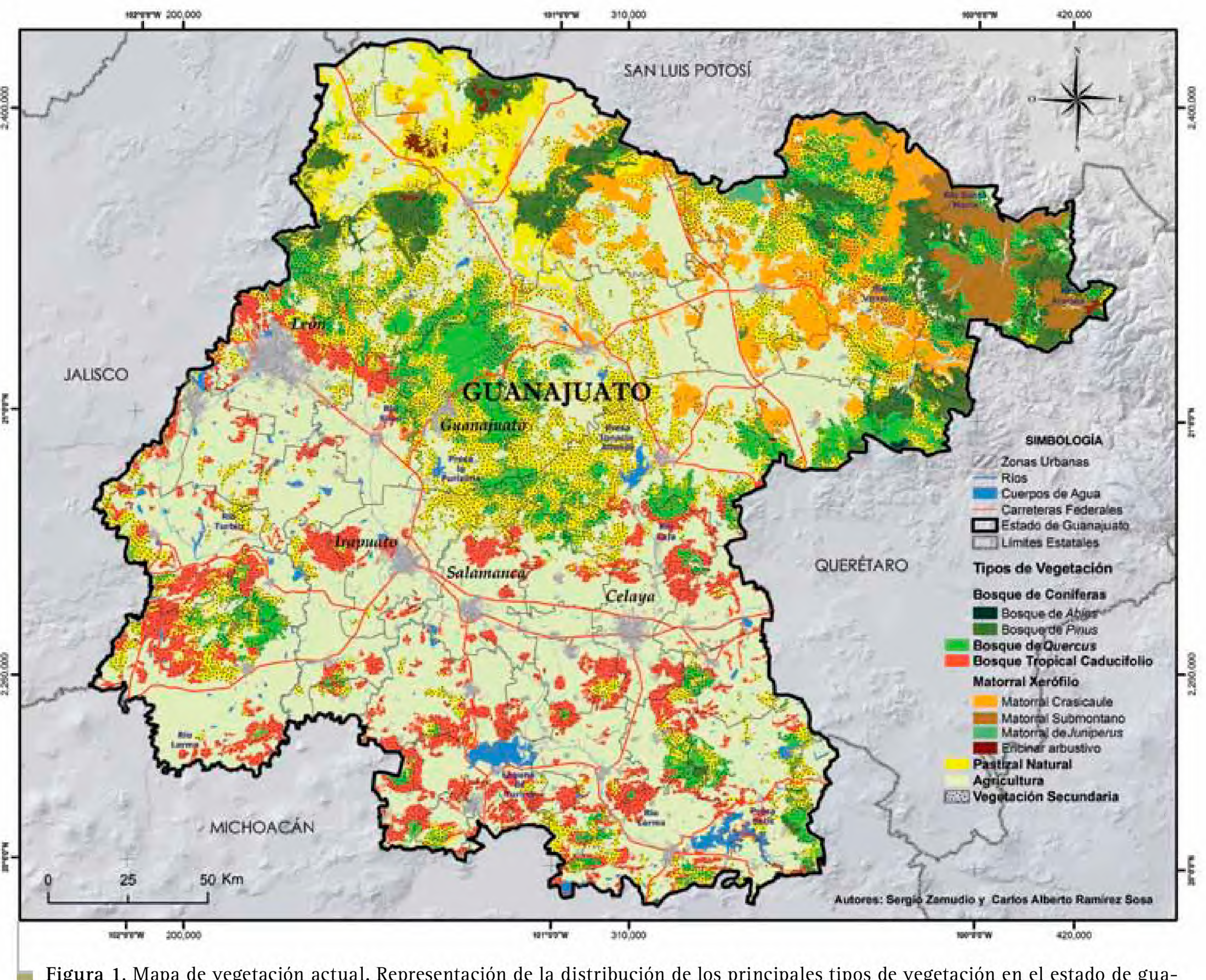


Figura 1. Mapa de vegetación actual. Representación de la distribución de los principales tipos de vegetación en el estado de guanajuato (2010). Resalta la destrucción y desplazamiento de las áreas de vegetación debido al crecimiento de las zonas urbanas, agrícolas, pecuarias e industriales, así como el grado de perturbación de las comunidades vegetales actuales (elaboraron Sergio Zamudio Ruiz y Carlos Alberto Ramírez Sosa con base en IEE, 2009, e Inegi, 1993).

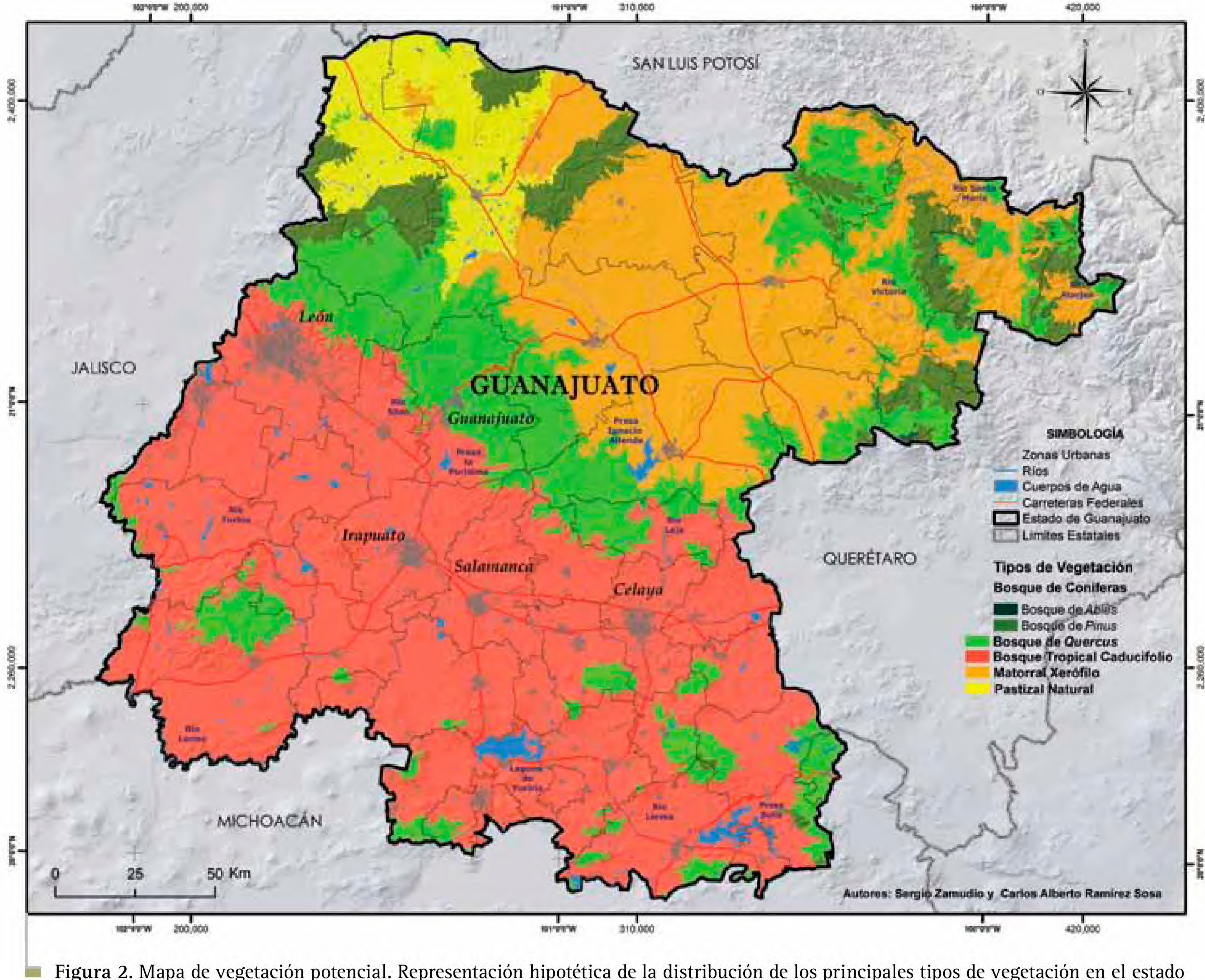


Figura 2. Mapa de vegetación potencial. Representación hipotética de la distribución de los principales tipos de vegetación en el estado de guanajuato como debieron estar antes de la presencia del ser humano en la región (elaboraron Sergio Zamudio Ruiz y Carlos Alberto Ramírez Sosa con datos propios).



Figura 3. Bosque de encino con *Quercus resinosa* en el Cerro Grande, municipio de Manuel Doblado, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 4. Interior del bosque de *Quercus resinosa* en el Cerro Grande, municipio de Manuel Doblado, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).

Bosque de Quercus affinis

En los lugares con mayor humedad ambiental de la Sierra Gorda en el noreste del estado, entre 2 100 y 2 300 msnm, se encuentra un bosque de encinos perennifolios de hasta 20 m de alto, en donde el encino escobillo (*Quercus affinis*) es la especie dominante, también están presentes: *Quercus castanea* (encino blanco o encino astilla) y *Q. crassifolia*, y en las zonas más cálidas se puede encontrar *Q. polymorpha* (Rzedowski, Calderón de Rzedowski y Galván, 1996). Estos elementos se encuentran también con frecuencia en el bosque de pino-encino de la región húmeda de la Sierra Gorda.

Bosque de Quercus eduardii, Quercus grisea y Quercus potosina

En la región correspondiente a la Mesa del Centro, en una franja altitudinal que va de 2 150 a 2 500 m, con clima templado subhúmedo (Cw_0) y suelo delgado, la transición entre los matorrales xerófilos y los bosques de encinos se produce por una franja de encinares de ambientes secos. El estrato arbóreo comúnmente mide entre 5 y 8 m de altura y está formado por varias especies de encinos adaptados a crecer en ambientes secos, las especies más importantes son: *Quercus eduardii, Q. grisea, Q. potosina* y *Q. resinosa*, los que están acompañados a menudo por otros árboles, como: encinos (*Quercus laeta, Q. obtusata*), madroños (*Arbutus*), táscate (*Juniperus*), pinos (*Pinus*) y otras especies del género *Garrya*. Todos ellos tiran las hojas durante la temporada seca invernal y por esta razón se les llama caducifolios. De estos encinos, *Quercus grisea* es el que se encuentra siempre en el límite altitudinal inferior del encinar, donde se mezcla con los pastizales y matorrales por debajo de la cota de 2 150 msnm. En el estrato arbustivo que va de uno a tres metros de altura, son abundantes *Arctostaphylos pungens, Amelanchier denticulata, Comarostaphylis polifolia, Baccharis heterophylla, B. pteronioides, Bouvardia ternifolia, Brickellia scoparia, B. veronicifolia, Buddleja scordioides, B. parviflora, Calliandra eriophylla, Dalea argyrostachya, Eupatorium espinosarum, Eupatorium glabratum, Quercus microphylla, Rhamnus microphylla, Stevia lucida* y *S. salicifolia* (Quero, 1984; Rzedowski, Calderón de Rzedowski y Galván, 1996) (figuras 5 y 6).

En algunas ocasiones, debido a condiciones especiales de clima o al disturbio relacionado con el sobrepastoreo y la ocurrencia periódica de incendios, estos encinos pueden adoptar la forma arbustiva y agruparse en matorrales densos que son llamados chaparrales o matorrales esclerófilos, los que se encuentran dispersos en las sierras del estado (Quero, 1984; Gutiérrez-Gallegos, 2004). Sus límites climáticos en Guanajuato se sitúan en áreas con temperatura media entre 14 y 18 ºC y precipitación anual de 500 a 800 mm.

Bosque de Quercus castanea

En la parte media y sur del estado el bosque de *Quercus castanea* ocupa la franja altitudinal entre 2 200 y 2 600 msnm, crece sobre sustrato de origen ígneo, en suelos de color pardo y textura arenosa; con temperatura y precipitación medias anuales que van de 18 a 20 ºC y 550 a 600 mm, respectivamente. El estrato arbóreo tiene una altura promedio de 6 a 8, máximo 15 m. La especie dominante es *Quercus castanea*, aunque puede estar acompañada por *Q. deserticola, Q. obtusata, Q. potosina* y *Q. rugosa*. Además son menos frecuentes: *Arbutus glandulosa, A. tesellata, A. xalapensis, Eysenhardtia polystachya, Persea liebmanni* y *Prunus serotina*. En el estrato arbustivo, de 30 cm a 2 m de altura, las especies más frecuentes son *Baccharis pteronioides, B. heterophylla, B. thesioides, Bouvardia laevis, Buddleja scordioides, Comarostaphylis polifolia, Croton morifolius, Montanoa leucantha, Rhamnus microphylla, Salvia melissodora, S. microphylla, Symphoricarpos microphyllus* y *Viguiera dentata* (Gutiérrez-Gallegos, 2004) (figura 7).

Bosque de Quercus rugosa-Q. obtusata

En partes más húmedas de las sierras, en altitudes comprendidas entre 2 300 y 2 700 msnm, con el clima más húmedo de los templados subhúmedos (Cw_2), con temperaturas anuales promedio de 16 ºC y precipitación de 800 mm, se encuentran encinares cuyos componentes arbóreos son perennifolios, con alturas de hasta 15 m, que forman comunidades muy densas compuestas por *Quercus rugosa*, *Q. obtusata*, *Q. crassifolia* y *Q. laurina*; con frecuencia hay otros árboles que acompañan a los



Figura 5. Bosque de encino con *Quercus eduardii*, *Q. grisea*, *Q. potosina*, en la Sierra de Cuatralba, municipio de León, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 6. Interior del Bosque de encino con *Quercus eduardii*, *Q. grisea*, *Q. potosina*, en la Sierra de Cuatralba, municipio de León, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 7. Bosque de encino con *Quercus castanea* y *Q. obtusata* en la Sierra de Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).

encinos, como madroño (*Arbutus* spp.), tejocote (*Crataegus mexicana*), pinos (*Pinus* spp.), capulín (*Prunus serotina* subsp. *capuli*) y aile (*Alnus arguta* subsp. *glabrata*). Estos encinares están bien representados en la Sierra Gorda, al noreste del estado, en la Sierra de la Media Luna, en la Sierra de Guanajuato, en la Sierra de los Agustinos y, hacia el sureste, en algunas estribaciones de las montañas que pertenecen al Eje Neovolcánico (figura 8).

Bosque de Quercus laurina-Q. rugosa

En los sitios con mayor altitud de las sierras del estado, entre 2 600 y 2 850 msnm, se presenta un bosque denso de encinos perennifolios, en el que el estrato arbóreo de 20 a 25 m de altura, está formado casi exclusivamente por *Quercus laurina*, *Q. rugosa* (encino avellano) y *Q. obtusata*; formando un estrato arbóreo más bajo, de 6 a 12 m, se encuentran con frecuencia *Arbutus glandulosa, Garrya laurifolia, Cornus excelsa, Clethra mexicana, Symplocos prionophylla, Alnus acuminata* subsp. *arguta, Alnus jorullensis, Buddleja cordata, Crataegus pubescens, Prunus serotina, Pinus montezumae, P. pseudostrobus, P. teocote e Ilex dugesii.* El estrato arbustivo de 1 a 2 m de altura es denso y está formado por *Eupatorium* spp., *Senecio angulifolius, Stevia lucida, Cestrum anagyris, Buddleja cordata, Arctostaphylos pungens* y *Comarostaphylis glaucescens* (Martínez, 1999; Rubio, 1993).

Muchos de los sitios que originalmente contenían este bosque han sido talados con fines agrícolas y para la elaboración de carbón (que contribuye en gran parte al sustento de los habitantes de la región) (Pineda, 1978).

Bosque de encino-pino / pino-encino

La similitud de las exigencias ecológicas de los pinares y encinares tiene como resultado que los dos tipos de bosques ocupen nichos muy similares, desarrollándose con frecuencia uno al lado del otro, formando mosaicos y complejas interrelaciones que a menudo se presentan en forma de bosques mixtos (Rzedowski, 1978).

En el estado de Guanajuato, los bosques mixtos de pino-encino, característicos de zonas templado-frías y con mayor representación en



Figura 8. Bosque de encino con *Quercus crassifolia*, *Q. rugosa* y *Q. obtusata* cerca de San Agustín, municipio de Victoria, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio).

el estado, se localizan en la Sierra Gorda en los municipios de Xichú y Atarjea. En esta zona la temperatura media va de 16 a 22 ºC y la precipitación anual es de 600 a 800 mm. Se observan bosques exuberantes de 20 a 25 m de altura, conformados por *Pinus devoniana, P. durangensis, P. pseudostrobus* y *P. teocote*, en la parte más alta de la sierra (2 800 msnm), donde se mezclan con encinares altos de 15 a 20 m (Pineda, 1978; Angulo, 1985).

También en la Sierra de los Agustinos se registra un bosque de pino-encino entre 2 800 y 3 100 m de altitud, que se extiende por las laderas y cañadas húmedas de la Peña Blanca, la Mesa del Redondo y en la Cañada del Aserradero. Las especies de pino que se encuentran en el área son: *Pinus montezumae, P. pseudostrobus* y *P. teocote*, asociados con *Quercus laurina, Q. rugosa, Alnus jorullensis, A. acuminata* y *Crataegus pubescens* (Rubio, 1993). Una comunidad semejante se ha visto en la Sierra Gorda entre La Joya Fría y el Puerto de Palmas, en el municipio de Victoria.

Bosque de coníferas

Los bosques de coníferas son característicos de zonas de clima templado y frío del hemisferio Norte y extienden su distribución hacia el sur a través de las montañas mexicanas, donde se han diversificado ampliamente. Se les encuentra desde el nivel del mar hasta el límite de la vegetación arbórea; prosperan en regiones de clima semiárido, semihúmedo y francamente húmedo.

En Guanajuato los bosques de coníferas ocupaban originalmente 6% de la superficie estatal; en la actualidad ocupan cerca de 5% y se distribuyen en las principales cadenas montañosas del estado, en un intervalo altitudinal que va de 2 000 a 3 800 msnm. Las comunidades vegetales de coníferas están representadas tanto por bosques de ambientes secos, formados por táscate o enebros (*Juniperus flaccida*) y pinos piñoneros (*Pinus cembroides*); así como por bosques de ambientes fríos y con mayor humedad, compuestos por *Pinus ayacahuite, P. devoniana, P. durangensis, P. oocarpa* y *P. teocote*. Existe también un pequeño enclave de oyamel

(*Abies religiosa*) en la parte alta del cerro Zamorano. A continuación se describirá cada una de estas asociaciones con mayor detalle.

Bosque de Juniperus

Estos bosques son llamados también bosques de enebro o escuamifolios (Miranda y Hernández, 1963). Crecen en forma discontinua entre 1 300 y 2 100 m de altitud, en laderas expuestas al pie de las serranías, en condiciones ecológicas de sequía acentuada. Regularmente se encuentran en una franja angosta, en la transición entre los matorrales xerófilos y los bosques de pinos piñoneros o de encinos, con los que se mezclan con frecuencia. El clima en que se desarrollan es el menos seco de los climas secos (BS_1kw; templado con verano cálido), la temperatura media anual es de 16 a 18 °C y el promedio de precipitación anual de 400 a 500 mm (Angulo, 1985). Se establecen tanto sobre suelos profundos como en los delgados y pedregosos. Son bosques perennifolios, bajos y abiertos, en donde *Juniperus flaccida* o táscate es la especie dominante, los árboles miden entre 4 y 8 m de altura y están muy separados unos de otros. Las poblaciones de *Juniperus flaccida* suelen mezclarse con los encinares xerófilos de *Quercus grisea* y *Quercus eduardii* o con los bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides*). El estrato arbustivo es pobre y puede estar constituido por elementos propios de los matorrales xerófilos de los géneros *Acacia, Agave, Dodonaea, Mimosa, Prosopis*, entre otros.

En el cerro del Caliche cerca del Vergel, en el municipio de San Luis de la Paz, sobre laderas de rocas calizas y a una altitud de 1 650 m, se desarrolla un bosque dominado por el enebro (*Juniperis flaccida*), con *Brahea berlandieri* y un estrato arbustivo denso, formado por *Juniperus monosperma*, *Quercus laceyi* y *Q. pungens* (encino blanco) (figuras 9 y 10).

Bosque de Pinus

Los pinares son comunidades vegetales características de las montañas de México y ocupan vastas superficies de su territorio. Aunque la mayoría de las especies mexicanas de *Pinus* poseen afinidades hacia los climas templados a fríos y semihúmedos y hacia los suelos ácidos, existen notables diferencias en las preferencias ecológicas entre una especie y otra. Dentro de la zona de clima templado y semihúmedo, los pinares se mezclan con los bosques de *Quercus* y a veces con los de *Abies, Juniperus* o *Alnus* (Rzedowski, 1978).

En Guanajuato se han registrado hasta el momento 10 especies de pinos que forman asociaciones bien definidas.

Bosque de Pinus oocarpa

En la región de la Sierra Gorda, en las cercanías de los poblados El Gato y El Toro, en el municipio de Atarjea, se encuentra un área cubierta con bosque de *Pinus oocarpa*, que se desarrolla en las laderas y cañadas con orientación noroeste del cerro El Toro, entre 1 000 y 1 800 m de altitud, y que se extiende hacia el estado de Querétaro. Es un bosque denso en el que el estrato arbóreo alto está formado casi exclusivamente por *Pinus oocarpa*, que llega a medir de 12 a 15 m de altura. La presencia de esta especie en esta región es rara ya que su área de distribución se encuentra principalmente en el occidente de México.

Bosque de Pinus cembroides

Los bosques de pinos piñoneros (*Pinus cembroides*) se distribuyen en altitudes de 1 800 a 2 500 m; en el norte del estado se desarrollan sobre rocas ígneas extrusivas en la Sierra de Jacales, municipio de Ocampo; en la Sierra de San Pedro, en el cerro Cuchilla Águila, municipio de San Felipe; en la Sierra de Santa Bárbara, municipio del mismo nombre, y en la Sierra del Cubo, municipio de San Diego de la Unión, y cerca de La Mesa de Jesús, municipio de San Luis de la Paz; además, en las faldas del cerro Zamorano, en los municipios de San José Iturbide, Tierra Blanca y Santa Catarina. Se desarrolla también sobre laderas de rocas calizas en la Sierra Gorda, al noreste del estado, en el municipio de Atarjea, en los límites con el estado de Querétaro. Se establece en lugares con climas seco semicálido, con invierno fresco (BS_0h) y en el menos seco de los climas secos (BS_1kw), templado con verano cálido, en los que la temperatura



Figura 9. Bosque de enebros (*Juniperus flaccida*) sobre laderas de rocas calizas en las cercanías de El Durazno, municipio de Atarjea, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 10. Enebro (*Juniperus flaccida*) cerca de Palomas, municipio de Atarjea, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).

media anual oscila entre 16 y 18 °C y el promedio de precipitación anual varía de 400 a 600 mm (BS_1h), que es el mismo de los bosques de *Juniperus* (Angulo, 1985), y en el clima más seco de los templados subhúmedos (Cw_0). Se presentan en suelos someros, bien drenados, con textura de migajón arenoso, con pH ácido o básico, con gran pedregosidad y afloramiento de la roca madre.

Son bosques perennifolios bajos y abiertos, formados por masas casi puras del pino piñonero (*Pinus cembroides*), en los que la altura de los árboles en pocas ocasiones es superior a 8 metros. Entre los pinos piñoneros se pueden encontrar árboles de táscate (*Juniperus flaccida*), encinos (*Quercus eduardii, Q. grisea, Q. potosina*), nogal (*Juglans mollis*); así como la presencia esporádica de la palma china (*Yucca filifera*) y zoyate (*Nolina parviflora*). El estrato arbustivo tiene una altura promedio de 1.5 m y está formado por: *Amelanchier denticulata, Arctostaphylos pungens, Archibaccharis serratifolia, Brickellia tomentella, Comrostaphylis polifolia, Dalea tuberculata, Dasylirion acrotriche* y varios otros (Quero, 1984, Gutiérrez-Gallegos, 2004) (figuras 11 y 12).

Los bosques de piñoneros en general se encuentran bastante conservados porque no se explotan con fines maderables, ya que los árboles con dificultad alcanzan alturas mayores a los 8 m y sus troncos, en la mayoría de los casos, crecen torcidos. Por otra parte, no se abren al cultivo por encontrarse en terrenos muy pedregosos y con poco suelo; tampoco presentan elementos que puedan usarse para elaborar carbón. El único uso que se les da es el pastoreo de ganado caprino y bovino y la recolección de los piñones para ser vendidos en los mercados regionales (Quero, 1984).

Bosque mixto de Pinus

En condiciones de mayor humedad, en zonas con climas templados y subhúmedos, en una franja altitudinal que va de 2 300 a 2 800 msnm, sobre suelos profundos, húmedos, bien drenados, con topografía accidentada, los bosques de pinos son más altos y frondosos. Éstos pueden estar constituidos por *Pinus devoniana* (escobetón u ocote), *P. teocote* (ocote), *P. durangensis* y *P. pseudostrobus*, que llegan a formar agrupaciones densas de hasta 30 m de altura. En estos bosques es común encontrar otros árboles como el madroño (*Arbutus xalapensis*) y varias especies de encinos. Normalmente se mezclan en diferentes grados con los encinares y pueden formar en casos particulares dominancias alternantes entre una y otra especie; los encinos más representativos en las diversas asociaciones son: *Quercus crassifolia*, *Q. mexicana*, *Q. obtusata* y *Q. rugosa* (Pineda, 1978). Estos se pueden encontrar en la parte alta de la Sierra de los Agustinos y en la Sierra Gorda, entre La Joya Fría y el Puerto de Palmas, en el municipio de Victoria (figuras 13 y 14).

Bosque de Abies

En México este tipo de vegetación está confinado a sitios de alta montaña, entre 2 400 y 3 600 m de altitud. En general, requieren para su desarrollo condiciones de humedad más elevadas; la precipitación media anual es por lo común superior a 1 000 mm y las temperaturas medias anuales varían de 7 a 15 °C. Esta comunidad se presenta en forma de manchones aislados, por lo que su distribución geográfica en México es en extremo fragmentaria y dispersa.

En el estado este bosque sólo se conoce en la parte alta del cerro Zamorano, en donde *Abies religiosa* (oyamel) es la especie dominante y crece en laderas rocosas muy inclinadas. Los bosques de *Abies* destacan por su majestuosidad y belleza, son bosques densos en los que los árboles llegan a medir hasta 30 m de altura y sus copas cónicas forman un dosel muy homogéneo y cerrado; el estrato arbustivo suele ser denso y muy diverso y el herbáceo escaso. El área que ocupan estos bosques en Guanajuato es reducida, aunque son más extensos en la parte del cerro Zamorano correspondiente al estado de Querétaro (figura 15).

Bosque tropical caducifolio

Son bosques propios de regiones de clima cálido, formados por árboles bajos, que pierden sus hojas en la época seca del año, la que puede durar entre seis y siete meses, renovándolas en la primavera, por lo que su apariencia contrasta notablemente entre la temporada seca y la de lluvias. En ellos casi siempre están presentes árboles con troncos lisos o de corteza brillante que se desprende en



Figura 11. Bosque de pino piñonero (*Pinus cembroides*) sobre laderas de rocas calizas, cerca de El Durazno, municipio de Atarjea, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 12. Bosque de pino piñonero (*Pinus cembroides*) sobre laderas de rocas calizas, cerca de El Durazno, municipio de Atarjea, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 13. Bosque de pino con *Pinus devoniana* y *P. teocote*, sobre cerros de rocas ígneas cerca de Joya Fría, municipio de Victoria, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 14. Bosque de pino con *Pinus devoniana* y *P. teocote* en el Derramadero, municipio de Victoria, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).

capas delgadas y una o varias especies espinosas. Esta comunidad se encuentra distribuida desde el nivel del mar hasta 2 200 msnm, en regiones con temperatura media anual de entre 20 y 29 °C, en donde la temperatura mínima extrema no desciende de 0 °C, por lo que en general no ocurren heladas; la precipitación es baja, entre 300 y 1 800 mm (más frecuentemente entre 600 y 1 200 mm) y su distribución se concentra en una parte del año, dividiéndolo en dos estaciones bien marcadas, una lluviosa y la otra seca (Rzedowski, 1978).

En Guanajuato el bosque tropical caducifolio originalmente se extendía ampliamente en la porción sur del estado, en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, y ocupaba laderas de cerros y barrancas de la parte baja de la cuenca del río Lerma, entre 1 650 y 2 200 m de altitud. Este tipo de vegetación cubría aproximadamente 45% de la superficie del estado; sin embargo, actualmente ocupa menos de 10% del área total de la entidad.

Son comunidades boscosas densas en las que el estrato arbóreo puede alcanzar hasta 12 m de altura, es muy diverso y por lo mismo no presenta una sola especie dominante, los principales componentes son el palo dulce (*Lysiloma microphyllum*), palo blanco (*Albizia plurijuga*), copal (*Bursera cuneata*), ceiba o pochote (*Ceiba aesculifolia*), cazahuate o palo bobo (*Ipomoea murucoides*), huizache (*Acacia farnesiana* y *A. schaffneri*), tepame (*Acacia pennatula*), cuajiote (*Bursera fagaroides*), nopal cardón (*Opuntia streptacantha*), *Heliocarpus terebinthinaceus*, garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), *Pistacia mexicana, Ehretia latifolia, Euphorbia fulva, Agonandra racemosa, Casimiroa edulis*, palma china (*Yucca filifera*). En el estrato arbustivo se encuentran: *Calliandra humilis, Eysenhardtia polystachya* (palo dulce), *Erythrina coralloides, Condalia velutina, Senna floribunda, S. polyantha, Parkinsonia aculeata, Prosopis laevigata, Mimosa aculeaticarpa* y *Verbesina sphaerocephala* (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1987).

Entre las epífitas, la más frecuente es *Tillandsia recurvata*, que a veces cubre densamente las ramas de los árboles, pero también se encuentran otras especies de *Tillandsia* de mayor tamaño, como *T. achyrostachys, T. bourgaei, T. makoyama* y *T. plumosa*, que a veces son



Figura 15. Bosque de oyamel (*Abies religiosa*) sobre rocas ígneas en la cima del cerro Zamorano (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).

abundantes localmente. De las plantas hemiparásitas destacan localmente *Phoradendron carneum* (sobre *Ipomoea*), *P. forestierae* (sobre *Forestiera*) y *Psyttacanthus palmeri* (sobre *Bursera*). Las trepadoras leñosas son escasas y están representadas por especies de los géneros *Canavalia, Cissus, Clematis, Gaudichaudia, Heteropteris, Iresine, Matelea, Nissolia, Pisoniella* y *Serjania* (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1987) (figuras 16 y 17).

Este tipo de vegetación estaba ampliamente distribuido en el estado, sobre todo en la región del Bajío, pero la constante ampliación de las parcelas agrícolas, así como la apertura de tierras para agostaderos, lo han desplazado de los terrenos planos en los que originalmente crecían, y ahora se encuentra muy fragmentado en localidades aisladas o se ha convertido en vegetación secundaria. Se piensa que, antes del desarrollo de la agricultura, en los terrenos planos con suelo profundo del fondo de los valles del Bajío se encontraban mezquitales bien desarrollados, sin embargo, en la actualidad esta asociación vegetal ya no se observa.

Cuando el bosque tropical caducifolio es sometido a perturbaciones periódicas y constantes, ya sea por influencia de las prácticas agrícolas o por la ganadería, y se deja temporalmente en reposo, se desarrolla un matorral secundario que fue denominado matorral subtropical por Rzedowski y McVaugh (1966). Es una comunidad dominada principalmente por especies arbustivas de hasta 5 m de alto, entre la que crecen algunos árboles aislados; las especies más características de este matorral son: cazahuate o palo bobo (*Ipomoea murucoides*), los huizaches o tepames (*Acacia farnesiana* y *Acacia pennatula*), los nopales (*Opuntia* spp.), el palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), el acebuche (*Forestiera phillyreoides*) y el palo prieto o tepehuaje (*Lysiloma microphyllum*) (Rubio, 1983; Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1987).

Rzedowski y Calderón de Rzedowski (1987), afirman que este bosque corre el riesgo de desaparecer por completo del estado y es posible que algunos de sus elementos ya se hayan perdido. Reconocen que las siguientes especies están particularmente amenazadas por ser plantas raras y de distribución geográfica restringida:



Figura 16. Bosque tropical caducifolio durante la época de lluvias sobre laderas de rocas ígneas al norte de León, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 17. Ladera de rocas ígneas con restos de bosque tropical caducifolio cerca de Moroleón, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).

Acnistus macrophyllus, Conzattia multiflora, Diospyros xolocotzii, Malvaviscus candidus y *Phoebe arsenei.*

Matorral xerófilo

Rzedowski (1978), reúne bajo el nombre de matorral xerófilo a todas las comunidades vegetales de tipo arbustivo características de las zonas áridas y semiáridas de México, las que ocupan aproximadamente 40% de la superficie del país. Cubren amplias áreas de la Altiplanicie Mexicana, desde Chihuahua y Coahuila hasta Jalisco, Guanajuato, Hidalgo y el Estado de México, prolongándose hacia el sur hasta Puebla y Oaxaca. El clima en que se desarrollan varía ampliamente, la temperatura media anual oscila entre 12 y 26 °C, en general el clima es extremoso, presentando en promedio una oscilación diurna de hasta 20 °C. La precipitación media anual es con frecuencia inferior a 700 mm y en amplias extensiones está comprendida entre 100 y 400 mm. La lluvia además de escasa, suele ser irregular, con fuertes diferencias de un año a otro. En la clasificación de Koeppen (1948) estos climas corresponden a los tipos BW y BS con sus numerosas variantes.

Este tipo de vegetación se establece en los lugares con climas secos o semisecos del norte del estado. Tomando en cuenta las especies dominantes que lo forman, en la entidad se pueden distinguir cuando menos cinco tipos de matorrales xerófilos: matorral crasicaule, matorral micrófilo, matorral submontano, matorral de *Juniperus* y encinar arbustivo.

Matorral crasicaule

Este matorral se ubica en amplias áreas en el norte y noreste del estado, está formado por cactáceas de tallos suculentos, ya sea columnares o ramificados en forma de candelabro, de los géneros *Myrtillocactus, Opuntia* y *Stenocereus.* Tomando en cuenta las especies dominantes se pueden distinguir dos tipos de matorral crasicaule, uno dominado por nopales arborescentes llamado matorral crasicaule de *Opuntia-Zaluzania* y otro por cactus de tallos columnares y candelabriformes, denominado matorral crasicaule de *Stenocereus-Myrtillocactus.*

Matorral crasicaule de Opuntia-Zaluzania

Son las características nopaleras que se extienden desde San Luis Potosí hacia el sur de la Mesa del Centro, pasando por los estados de Guanajuato y Querétaro hasta el Estado de México. Es uno de los matorrales crasicaules más ampliamente distribuido en el estado, en altitudes que van de 1 800 a 2 200 msnm, se desarrolla sobre terrenos planos, laderas de cerros, o lomeríos, en suelos de origen ígneo, someros o profundos, pedregosos, de color negro, pardo o rojizo, con textura arcillosa o areno-arcillosa; en climas BS_1kw, BS_1hw, aunque se encuentran también en climas Bw, en áreas con temperatura media entre 16 y 18 °C y precipitación anual de 400 a 600 mm.

Está formado por varias especies de nopales, principalmente por *Opuntia hyptiacanta, O. lasiacantha, O. leucotricha, O. stenopetala, O. streptacantha* y el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), que alcanzan tallas hasta de 4 m de altura y pueden formar agrupaciones muy densas. Otros árboles que con frecuencia se encuentran en este matorral son el mezquite (*Prosopis laevigata*), el huizache (*Acacia farnesiana*) y la palma china (*Yucca filifera*), cuyo estrato arbustivo de uno a dos metros suele ser dominado por la mariola (*Zaluzania augusta*), la uña de gato (*Mimosa biuncifera*), el palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), el cardón (*Cylindropuntia imbricata*), nopal bondote (*Opuntia robusta*), así como *Condalia mexicana, Croton ciliato-glandulosus, Karwinskia humboldtiana, Eupatorium petiolare, Forestiera phylleroides, Bouvardia ternifolia, Buddleja scordioides* y otros más. Es común observar bejucos, como: *Cardiospermum halicacabum, Galactia brachystachys* y entre las epífitas al pashtle (*Tillandsia recurvata*). Dispersos entre los arbustos anteriores pueden encontrarse varias especies de magueyes (*Agave* spp.) y cactáceas de los géneros *Mammillaria* y *Coryphantha*, y varias especies de pastos (figura 18).

Cuando esta comunidad se desarrolla sobre terrenos planos con suelos profundos, que mantienen alta humedad freática, los árboles de mezquite (*Prosopis laevigata*) y los huizaches (*Acacia* spp.) presentan tallas mayores y adquieren cierta dominancia sobre los nopales. Esta variante ha sido considerada como un tipo

de vegetación diferente llamado mezquital por algunos autores, pero desde nuestro punto de vista sólo es una variante del matorral crasicaule de *Opuntia-Zaluzania*, ya que se mantienen todos los elementos propios de las nopaleras (figuras 19 y 20).

Otra variante de este tipo de vegetación fue descrita por Grether (1974), para la cuenca alta del río La Laja, se trata de un matorral dominado por *Eysenhardtia polystachya* (palo dulce), que se presenta como una transición entre el pastizal propio de las planicies y el encinar de las serranías, en una franja altitudinal que va de 2 150 a 2 300 m. La altura de los elementos varía de 1 a 3 m, las especies dominantes son inermes, como *Eysenhardtia polystachya, Forestiera phillyreoides* y *Diphysa suberosa*, además de otros elementos como: *Acacia farnesiana, A. schaffneri, Mimosa aculeaticarpa, M. biuncifera, M. minutifolia, Opuntia durangensis, O. streptacantha, O. robusta, Yucca filifera* y *Quercus grisea*; y gramíneas de los géneros: *Andropogon, Aristida, Muhlenbergia* y *Setaria*. Es posible que este matorral represente una comunidad secundaria.

La mayor parte de los terrenos planos con suelos profundos del estado en donde crecían las nopaleras, están dedicados actualmente a la agricultura; la vegetación original ha sido desplazada por completo. En otros casos aún es posible observar pequeñas agrupaciones aisladas de huizaches y mezquites, así como de nopales, lo que hace pensar que en un pasado no muy lejano las nopaleras estuvieron presentes en el área.

Matorral crasicaule de Stenocereus-Myrtillocactus

Este es otro tipo de matorral crasicaule que se desarrolla en laderas muy inclinadas de cerros formados por rocas ígneas, sobre suelos someros y pedregosos, de color rojo o café-rojizo y de textura arenosa; el clima en que se desarrolla es BS_1hw, $BS_0(h')$ y BWhw, con temperatura media de 18 a 20 °C y precipitación anual de 400 a 500 mm (Angulo, 1985). Es denominado popularmente cardonal, y está formado por cactáceas de tallos columnares cilíndricos o ramificados, en el que la dominancia fisonómica la asumen individuos de órganos (*Isolatocereus dumortieri*), pitayas



Figura 18. Nopalera o matorral crasicaule de *Opuntia-Zaluzania*, sobre laderas de rocas ígneas cerca de Puerto Blanco, municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 19. Nopalera o matorral crasicaule de *Opuntia* spp., con mezquites (*Prosopis laevigata*) en terrenos aluviales profundos cerca de Lequetio, Jaral de Berrios, municipio de San Felipe, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 20. Nopalera o matorral crasicaule de *Opuntia* spp., con *Yucca filifera* y *Acacia* spp. en terrenos aluviales cerca de Jofre, municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).

(*Stenocereus queretaroensis*) y garambullos (*Myrtillocactus geometrizans*). La fisonomía de este matorral puede variar dependiendo de las condiciones climáticas en que se desarrolla. En los lugares con mayor humedad, la presencia de *Lysiloma divaricata* y un estrato arbustivo denso da a este matorral la apariencia del bosque tropical caducifolio; pero en condiciones más secas, el estrato arbustivo es escaso, con los arbustos bajos y muy separados unos de otros; entre más seca la localidad, habrá menos especies arbustivas asociadas con los cactos. Se localiza en la Sierra Gorda, cubriendo amplias áreas en las laderas y barrancas que descienden hacia el río Santa María y se encuentra también en las cercanías de Santa Catarina (figuras 21 y 22).

Matorral micrófilo

Es el matorral más característico del Desierto Chihuahuense. En Guanajuato se presenta en pequeños manchones entre el matorral crasicaule de *Opuntia-Zaluzania*, en los municipios de Dolores, San Luis de la Paz, San Diego de la Unión, Doctor Mora y Victoria. Se desarrolla en terrenos planos aluviales, con suelos profundos, arenosos, en climas secos semicálidos con invierno fresco, BS_1h y el seco templado con verano cálido BS_1kw, con variación de la temperatura de 18 a 20 °C y precipitación anual de 400 a 600 mm.

Está formado por arbustos caducifolios o de hojas pequeñas de hasta 3 m de altura; entre sus componentes principales está la gobernadora (*Larrea tridentata*) y otras especies como el granjeno (*Condalia mexicana*), escoba (*Dalea* sp.), nopal (*Opuntia* spp.), uña de gato (*Mimosa* spp.), mezquite (*Prosopis laevigata*) y huizache (*Acacia farnesiana*) (Angulo, 1985). En la actualidad este matorral prácticamente ha desaparecido de la entidad por el impacto que la agricultura y la ganadería han tenido sobre él; aunque Rzedowski y Calderón de Rzedowski (1988) registraron la presencia de una población relictual de gobernadora (*Larrea tridentata*) muy depauperada, unos 18 km al nor-noroeste de San Miguel de Allende, en terrenos con suelos calichosos, lo que podría indicar que este matorral tuvo mayor extensión en los terrenos planos antes de ser desplazado por la agricultura.

Matorral submontano

Este matorral se distribuye en las partes bajas de la Sierra Madre Oriental, desde Nuevo León y Tamaulipas hasta Hidalgo y Oaxaca. En Guanajuato se encuentra en el noreste del estado, en la región de la Sierra Gorda, en los municipios de Xichú y Atarjea, en terrenos muy accidentados, sobre laderas y barrancas de los cañones de los ríos Santa María y Xichú y algunos de sus afluentes, se establece sobre rocas lutitas o calizas, entre 1 000 y 2 000 m de altitud. Los climas en los que se ubica son muy secos, semicálidos con invierno fresco (BWhw), seco muy cálido ($BS_1(h')$), y seco semicálido (BS_1h), en donde la temperatura media anual varía de 20 a más de 22 °C y la precipitación anual total de 300 a 700 mm (Angulo, 1985).

Lo conforman primordialmente arbustos sin espinas (inermes) de 1 a 3 m de altura, entre sus componentes destacan: guajillo (*Acacia berlandieri*), *Bursera morelensis, B. fagaroides*, vara prieta (*Colubrina greggii*), *Cordia globosa, Gochnatia hypoleuca, Helietta parvifolia,* capulincillo (*Karwinskia mollis*), *Morkillia mexicana*, tarabilla (*Neopringlea integrifolia*), frijolillo (*Sophora secundiflora*), entre otros (Rzedowski *et al.*, 1996).

Llama la atención la presencia en este matorral de elementos propios del bosque tropical caducifolio como *Bursera fagaroides, B. morelensis* y *Lysiloma divaricata*, lo que ha hecho pensar a algunos autores que en la región de la Sierra Gorda existe el bosque tropical caducifolio; sin embargo, la mayoría de los elementos son característicos del matorral submontano (figuras 23 y 24).

Matorral de Juniperus

Este matorral se localiza sólo en una porción muy pequeña en el noreste del estado, en las cercanías de Jofre, al norte de San Luis de la Paz, forma una transición entre el matorral crasicaule y el bosque de encinos. El clima es el menos seco de los climas secos (BS_1kw), templado con verano cálido, la temperatura media varía de 16 a 18 °C y la precipitación de 400 a 500 mm (Angulo, 1985). Se desarrolla sobre lomeríos bajos en suelos someros y pedregosos originados de rocas ígneas. Es un matorral abier-



Figura 21. Vista panorámica del matorral crasicaule de *Stenocereus queretaroensis* e *Isolatocereus dumortieri*, sobre laderas de rocas ígneas cerca del Realito, municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 22. Matorral crasicaule de *Stenocereus queretaroensis*, *Myrtillocactus geometrizans* y *Lysiloma acapulcense* sobre sustrato de rocas ígneas cerca del Realito, municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).

to de 1.5 a 3 m de altura, en el que los arbustos están muy espaciados, el cedro (*Juniperus monosperma*) es la especie dominante; entre ellos se encuentran otras especies como *Cylindropuntia leptocaulis, Opuntia* spp. *Yucca potosina, Acacia constricta, Parthenium incanum, Prosopis laevigata*, etc. En el estrato herbáceo hay varias especies de gramíneas de los géneros *Bouteloua, Muhlenbergia, Lycurus*, etcétera.

Este matorral se encuentra muy deteriorado por el pastoreo de ganado bovino y caprino y sería muy conveniente procurar su conservación, ya que es el único manchón conocido en el estado (figura 25).

Matorral de Dodonaea viscosa

Es una comunidad que se desarrolla en altitudes de 2 200 a 2 400 m; sobre suelos someros, pedregosos, de color pardo. La fisonomía de este matorral está determinada principalmente por la dominancia de *Dodonaea viscosa*, que forma poblaciones densas, con individuos de uno a dos metros de altura, esta planta se caracteriza por sus hojas lanceoladas cubiertas por una capa de resina. Otros elementos importantes en el matorral pueden ser: *Arctostaphylos pungens, Amelanchier denticulata, Mimosa biuncifera, Baccharis ramulosa, Brickellia veronicaefolia, Loeselia mexicana* y *Piqueria trinervia*.

Existe consenso entre los autores que lo han estudiado en cuanto a que este matorral es secundario y se origina como consecuencia de la destrucción de los encinares u otros matorrales y por el uso frecuente del fuego como herramienta para aclarar el terreno y ocasionar el rebrote de los pastos, lo que favorece el crecimiento masivo de *Dodonaea viscosa*, por lo general se le ve sobre suelos muy degradados. Se ha registrado en los municipios de Celaya, San José Iturbide, Tarimoro y en la cuenca alta del río La Laja (Gutiérrez-Gallegos, 2004; Grether, 1974; Rzedowski, 1978).

Pastizal

Se denominan pastizales o zacatales a aquellas comunidades en las que las gramíneas o plantas con forma de vida graminoide son las más importantes en la vegetación. Los pastizales naturales del noroeste de México son una continuación de la extensa zona de zacatales que se origina en el medio oeste norteamericano y que penetran en el territorio mexicano en forma de una franja angosta, que corre sobre el Altiplano paralela a la base de la Sierra Madre Occidental, ocupando una porción de la transición entre los bosques y los matorrales xerófilos. Se desarrollan en altitudes entre 1 100 y 2 500 m. Los suelos son de reacción cercana a neutralidad (pH seis a ocho), con textura que varía de migajón arcilloso a migajón arenoso y coloración rojiza a café, frecuentemente con un horizonte de concentración calichosa o ferruginosa más o menos continuo. Las temperaturas medias anuales varían de 12 a 20 °C. Todos los años hay heladas y con cierta frecuencia ocurren nevadas. La precipitación media anual es del orden de 300 a 600 mm, con seis a nueve meses secos. Este tipo de clima corresponde a la categoría BS de la clasificación de Koeppen (1948), aunque las fases más secas pertenecen, al parecer, a la categoría BW (Rzedowski, 1978).

En Guanajuato los pastizales están dispersos prácticamente en todo el estado, en manchones que cubren alrededor de 11% de su superficie, no obstante son más continuos en el noroeste. La mayoría de estos pastizales del noroeste se consideran naturales, aunque están muy perturbados y con frecuencia se mezclan con las nopaleras y con los bosques xerófilos de encinos; mientras que en el resto del estado han surgido debido a la eliminación de la cubierta vegetal original y la posterior inducción del crecimiento de las gramíneas.

Los pastizales del noroeste del estado están relacionados con la vegetación característica de la región de los Altos de Jalisco y de la zona vecina de Zacatecas y Aguascalientes (Rzedowski y McVaugh, 1966). Se distribuyen en las grandes planicies y lomeríos con altitudes de 1 850 a 2 200 msnm, en climas secos BS_0k y el menos seco BS_1kw, con temperatura media de 16 a 18 °C y precipitación anual entre 400 y 700 mm. La fisonomía de estas comunidades depende de las gramíneas y de los elementos que integren el estrato arbustivo y arbóreo. Se caracteriza por la presencia de varias especies de pastos, como: *Andropogon barbinodis,*



Figura 23. Matorral submontano con presencia de *Bursera morelensis*, sobre cerros de rocas calizas que bordean el cañón del río Xichú, municipio de Xichú, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 24. Matorral submontano con presencia de *Bursera morelensis*, sobre laderas de rocas calizas en el cañón del río Xichú, municipio de Xichú, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 25. Matorral de cedros (*Juniperus monosperma*), al noroeste de Jofre, municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).

Aristida adscencionis, A. barbata, A. divaricata, Bouteloua filiformis, B. hirsuta, B. simplex, Buchloe dactyloides, Cathestecum erectum y Tripogon spicatus. Encontrándose también: *Bouteloua gracilis, Cenchrus pauciflorus, Chloris virgata, Eragrostis intermedia, Hilaria cenchroides, Lycurus phleoides, Microchloa kunthii, Muhlenbergia parviglumis, M. rigida, M. tenuifolia y Trichachne hitchcokii*. En el estrato arbustivo se pueden encontrar individuos aislados de: *Acacia farnesiana, A. schaffneri, Mimosa biuncifera, M. monancistra, Opuntia azurea, O. cantabrigensis, O. imbricata, O. robusta, O. tomentosa, O. tunicata, Prosopis laevigata* y en algunos casos *Forestiera phillyreoides* y *Jatropha dioica* (Grether, 1974) (figura 26).

Pastizal calcícola

Los pastizales con afinidad hacia los suelos calcáreos ocupan extensiones reducidas en el centro del estado. Esta asociación se desarrolla en suelos ricos en carbonato de calcio, sobre terrenos planos o con muy poca inclinación y climas secos (BS), donde la temperatura y precipitación medias anuales son de 17 °C y 519 mm, respectivamente. Pueden estar rodeados por matorrales xerófilos y vegetación secundaria de bosque de encino, donde predomina *Quercus microphylla*. En esta asociación se observan dos estratos, uno arbustivo y otro herbáceo. El estrato herbáceo es más diverso, contando con más de 200 especies de plantas; las que presentan el hábito graminoide son: *Andropogon barbinodis* var. *perforatus, A. reevesii, Aristida adscensionis, A. divaricata, A. glauca, A. purpurea, Bouteloua curtipendula, B. gracilis, B. scorpioides, Carex schiedeana, Cyperus calderoniae, Enneapogon desvauxii, Eragrostis swallenii, Erioneuron avenaceum, Hilaria cenchroides, Lycurus phleoides, Muhlenbergia depauperata, M. repens, M. tenuifolia, Panicum hallii* y *Piptochaetium fimbriatum*. El estrato arbustivo está conformado por las siguientes especies: *Acalypha* sp., *Amelanchier denticulata, Calliandra eriophylla, Chrysactinia mexicana, Condalia mexicana, Coryphantha erecta, Eupatorium espinosarum, Gnaphalium glauca, Gymnosperma glutinosum, Mimosa biuncifera, Polygala lindheimeri* y *Satureja mexicana*.

Rzedowski y Calderón de Rzedowski (1995) dan cuenta de la presencia del pastizal calcífilo en ocho localidades del estado, obteniendo como resultado una lista de 282 especies, de las cuales 50 se comportan como preferente o estrictamente calcícolas, lo que les confiere particular individualidad, a pesar del hecho de que sus elementos dominantes son los mismos que suelen prevalecer en comunidades de gramíneas que prosperan en suelos derivados de rocas ígneas. Aunque varios indicios hacen pensar que podría tratarse de pastizales secundarios, los autores se inclinan a pensar que su existencia está fundamentalmente determinada por la roca madre en combinación con algunos elementos de orden topográfico.

Estas comunidades han estado sometidas al impacto directo o indirecto de las actividades productivas de los habitantes de la región, principalmente de la ganadería intensiva y de la agricultura por periodos muy prolongados de tiempo, lo que los mantiene permanentemente deteriorados, favoreciendo la invasión de los pastizales por arbustos espinosos. Por otra parte, cada vez son más extensos los pastizales secundarios, invadidos por la especies ruderales como *Rhynchelytrum repens* (Carranza, 2001).

Pastizal halófilo

Son comunidades de gramíneas que se desarrollan sobre suelos que contienen gran cantidad de sales. Este tipo de vegetación se desarrolla en el fondo de cuencas cerradas, en la orilla de lagos salinos o cerca de las costas. Las especies dominantes son *Distichlis spicata, Cynodon dactylon, Suaeda mexicana, Sporobolus pyramidatus, Atriplex linifolia*, etc. Existen pequeñas áreas de este pastizal en el sur del estado, a la orilla del lago de Cuitzeo, en la orilla de la laguna del Salitre en Apaseo El Grande y en el extremo sureste de la laguna de Yuriria, en áreas con clima $C(w_0)$, el menos húmedo de los templados subhúmedos (Angulo, 1985).

Pastizal inducido

Estos pastizales surgen cuando se elimina la vegetación original y se propicia el crecimiento



Figura 26. Pastizal perturbado en los llanos de San Felipe, municipio de San Felipe, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).

de gramíneas para formar potreros o agostaderos para el ganado. También pueden originarse como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación para ser cultivado por varios años, seguido del abandono de las parcelas agrícolas que son sometidas a un fuerte pastoreo y al uso frecuente de fuego para propiciar el rebrote de los pastos.

En la Sierra de los Agustinos, se describen algunos pastizales secundarios que se encuentran en lugares abiertos entre los bosques de encinos, entre 2 400 y 2 800 msnm. Las principales especies que los forman son: *Aegopogon cenchroides, A. tenellus, Andropogon barbinodis, Bouteloua repens, B. curtipendula, Eragrostis mexicana, Festuca myurus, Hilaria cenchroides, Muhlenbergia macroura, Paspalum plicatum, Rhynchelytrum roseum, Setaria geniculata, Sporobolus indicus, Stipa mucronata*. En esta misma localidad, a partir de 2 800 m se encuentra un zacatal amacollado de *Muhlenbergia macroura, Setaria geniculata* y *Stipa mucronata*, asociado a los bosques de pino-encino (Rubio, 1993).

Bosque mesófilo de montaña

El bosque mesófilo de montaña ocupa sitios más húmedos que los típicos de los bosques de *Quercus* y de *Pinus*, aunque generalmente más cálidos que los del bosque de *Abies*, pero más frescos que los que condicionan la existencia de los bosques tropicales. Las condiciones climáticas que requiere este tipo de vegetación se presentan en zonas muy restringidas del territorio de la República Mexicana y, por consiguiente, el bosque mesófilo de montaña tiene una distribución limitada y fragmentaria a lo largo de la vertiente este de la Sierra Madre Oriental, desde el suroeste de Tamaulipas hasta el norte de Oaxaca, incluyendo porciones de San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Veracruz. El límite altitudinal inferior se sitúa alrededor de 600 msnm, y el límite superior se establece en los 2 700 msnm; más arriba suele sustituirlo el bosque de *Abies*. La precipitación media anual es superior a 1 000 mm, comúnmente pasa de 1 500 mm y en algunas zonas excede los 3 000 mm. El número de meses secos varía de cero a cuatro. Una característica de estos sitios es la frecuente neblina y la consiguiente alta humedad atmosférica. La temperatura media anual varía de 12 a 23 °C y en general se presentan heladas en los meses más fríos, aunque en altitudes inferiores éstas suelen ser esporádicas. El clima más característico de esta formación pertenece al tipo Cf de la clasificación de Koeppen (1948), pero en algunas partes el bosque prospera en condiciones catalogadas como Af, Am, e incluso, Aw y Cw (Rzedowski, 1978).

Aunque en Guanajuato no existen áreas extensas con este tipo de vegetación, algunos elementos de esta comunidad se intercalan en encinares y pinares húmedos en el noreste del estado. Sobresalen especies como: aguacatillo loco (*Ilex rubra*), pasilla blanco (*Cornus disciflora*), mimbre blanco (*Cornus excelsa*), aguacatillo (*Cinnamomum pachypodum*), *Garrya laurifolia*, nogalillo (*Carya ovata* var. *mexicana*), encino escobillo (*Quercus affinis*) y varios más (Rzedowski, Calderón de Rzedowski y Galván, 1996). Se encuentran en las cercanías de Mesas de Jesús, municipio de San Luis de la Paz y en los alrededores de La Joya Fría, municipio de Victoria.

Bosque de galería

Son comunidades de árboles que se distribuyen en una franja delgada a lo largo de los ríos o arroyos, sobre todo en los que la corriente es perenne, son frecuentes en estos bosques los sauces (*Salix humboldtiana* y *S. bonplandiana*), sabino (*Taxodium mucronatum*), fresno (*Fraxinus uhdei*), aile (*Alnus* spp.) y el álamo o haya (*Platanus mexicana*). Dependiendo de la especie dominante, la altura de los árboles puede variar de 12 a 30 m. Los bosques de *Taxodium mucronatun* que corren a lo largo del río Tigre, desde Jerécuaro a Coroneo; en Las Musas, sobre el río Turbio en el municipio de Manuel Doblado, o en diferentes porciones a lo largo del río Lerma y sus tributarios, son muy vistosos (figuras 27 y 28).

Vegetación acuática y subacuática

Son comunidades de plantas herbáceas que se desarrollan en la orilla o dentro de los cuerpos de agua, ya sean permanentes o temporales. El mayor cuerpo de agua del estado en donde se

desarrolla esta vegetación es la laguna de Yuriria. La vegetación característica de la orilla es denominada localmente tular, se desarrolla desde los márgenes de la laguna hasta los 2 m de profundidad, los elementos dominantes son *Typha domingensis* y *Scirpus californicus*, plantas perennes de hasta 2 m de altura que se arraigan en el fondo lodoso y sus tallos sobresalen de la superficie del agua y crecen en poblaciones muy densas. Esta comunidad cubre amplias extensiones en la parte sur y sureste de la laguna, formando manchones dispersos que pueden alcanzar varios kilómetros cuadrados, pero está más extendida en las porciones norte y noreste. Otros elementos como *Berula erecta, Cyperus articulatus, C. esculentus, Echinocloa* spp., *Eleocharis macrostachya, Phragmites australis, Pistia stratiotes, Polygonum mexicanum, P. punctatum, Sagitaria longiloba, Scirpus cubensis, Eclipta prostrata y Rumex* sp., se distribuyen formando pequeños manchones entre el tular y en ocasiones en la orilla de la laguna (Ramos y Novelo, 1993).

Como vegetación característica de la laguna también se puede considerar la que forma el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), hidrófita libremente flotadora que cubre hasta 60% de la superficie lagunar, formando manchones bastante extensos, principalmente hacia la parte noroeste. Diversas especies se asocian a las islas o manchones de lirio; son organismos que aprovechan como sustrato tanto los restos vegetales que quedan atrapados, como a las mismas plantas vivas del lirio, entretejiéndose y formando una maraña de tallos, raíces, hojas y restos vegetales; las especies que se encontraron en estas condiciones son: *Berula erecta, Cyperus articulatus, C. esculentus, Lemna gibba, L. minuscula, Phragmites australis, Pistia stratiotes, Polygonum mexicanum, P. punctatum, Utricularia gibba, Wolffiella lingulata y Rumex* sp. Como las plantas flotan libremente, su distribución suele cambiar de un día para otro de acuerdo con la dirección del viento.

Otras hidrófitas flotadoras bien representadas, aunque en menor proporción son: *Azolla* sp., *Lemna gibba, L. minuscula, Pistia stratiotes* y *Wolffiella lingulata*, que se encuentran principalmente en los márgenes de la laguna o en áreas abiertas del tu-



Figura 27. Vista panorámica del bosque ripario de sabino (*Taxodium mucronatum*), en las márgenes del río Tigre, cerca de Jerécuaro, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 28. Bosque ripario de sabino (*Taxodium mucronatum*) en la orilla del río Tigre, Jerécuaro, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).

lar. Las hidrófitas enraizadas de hojas flotantes son las menos abundantes, entre éstas destacan *Hydrocotyle ranunculoides* y *Nymphoides fallax* que se encuentran asociadas a los tulares, así como *Nymphaea gracilis* que crece en áreas abiertas. Por último, las hidrófitas enraizadas sumergidas están representadas por *Myriophyllum aquaticum*, *Potamogeton pectinatus* y *Utricularia gibba*. Las dos primeras crecen en lugares abiertos y más profundos de la laguna, mientras que la última se desarrolla en sitios de poca profundidad y comúnmente entre las raíces entretejidas del lirio (Ramos y Novelo, 1993).

Una comunidad distinta es la que se localiza en el Embarcadero (el arroyo) y la Ciénega, que está constituida por diversas especies de plantas herbáceas acuáticas, subacuáticas y tolerantes a la alta humedad, que no rebasan los 60 cm de altura y que difieren de las que están asociadas al tular y al lirio, como: *Eclipta prostrata, Conyza canadensis, Commelina diffusa, Cynodon dactylon, Cyperus imbricatus, C. laevigatus, C. odoratus, Eleocharis densa, Datura ceratocaula, Guilleminea densa, Hydrocotyle ranunculoides, Ludwigia peploides, Nymphoides fallax, Paspalum dissectum, Polygonum mexicanum, P. punctatum, Rorippa nasturtium-aquaticum, Sagitaria longiloba* y *Tridax coronopifolia*. La mayoría de estos elementos forman pequeñas agrupaciones en los márgenes de la laguna, en las áreas donde el nivel del agua no es mayor de 60 cm (Ramos y Novelo, 1993).

En la actualidad la laguna de Yuriria sufre el fuerte impacto de los asentamientos humanos, debido al aporte de sedimentos provenientes de los diversos afluentes, tanto naturales como artificiales, que llegan a la cuenca, lo que ha ocasionado un desequilibrio hidrológico de la cuenca con la consecuente pérdida de profundidad y extensión de las zonas inundadas. También afecta el elevado contenido de nutrientes y contaminantes que son vertidos por el drenaje de las poblaciones de Yuriria, Uriangato y Moroleón, así como por el río Lerma y las zonas agrícolas de la Ciénega y sus alrededores. Como consecuencia de la alteración de este hábitat y la concentración de nutrientes surgió el desarrollo acelerado del lirio acuático, que cubre una gran proporción de la superficie lacustre, problema que impide la pesca y desalienta las actividades recreativas. De continuar esta tendencia es posible que en pocos años se aprecie

una significativa disminución de este cuerpo de agua (Ramos y Novelo, 1993).

Durante la temporada de lluvias se forman numerosos charcos temporales y lagunetas que se encuentran dispersos por todo el estado, en ellos se desarrolla una variedad de plantas acuáticas herbáceas; algunas arraigadas con tallos erectos que sobresalen del agua y crecen en las partes más someras, como *Cyperus niger, C. seslerioides, Eleocharis acicularis, E. macrostachya, Lilaea scilloides, Limosella aquatica, Polygonum mexicanum, Saggitaria longifolia*; otras arraigadas con hojas que flotan habitan las partes más profundas, como *Heteranthera peduncularis, Jaegeria glabra, Ludwigia peploides, Marsilea* sp., *Nymphoides fallax, Potamogeton diversifolius, Utricularia perversa*; y entre las acuáticas flotadoras se encuentran *Azoolla* sp., *Lemna gibba* y *Wolffiella lingulata*.

Gutiérrez-Gallegos (2004) cita para el municipio de San José Iturbide la presencia de vegetación acuática restringida a pequeñas represas, arroyos temporales y charcos. La diversidad vegetal que presenta este tipo de comunidades no es muy grande y está representada por especies flotantes como *Lemna gibba*; otras arraigadas al suelo como *Callitriche heterophylla, Ludwigia peploides, Schoenoplecton californicus* y en las zonas menos profundas *Cyperus niger, Juncus effusus, Plantago major, Polygonum mexicanum* y *Rumex crispus*. También es posible encontrar especies de plantas herbáceas que se desarrollan en suelos húmedos a la orilla de arroyos, zonas encharcadas o pantanosas, tales como: *Allium glandulosum, Artemisia ludoviciana, Bidens aurea, Cyperus niger, C. seslerioides, C. spectabilis, Datura ceratocaula, Diastatea tenera, Eryngium carlinae, E. heterophyllum, E. serratum, Helenium mexicanum, Heleocharis acicularis, H. bonariensis, Hybridella globosa, Juncus aemulans, J. effusus, J. tenuis, Polygonum mexicanum, Ruellia lactea, Rumex crispus*, entre otras (figuras 29 y 30).

Destrucción de la vegetación

En 1978, Pineda mencionó que todas las comunidades vegetales del estado habían sufrido cambios profundos en su estructura, composición florística y fisonomía, además de que sus áreas de distribución originales se habían reducido paulatinamente, observándose a menudo en algunos sitios sólo restos de la vegetación original, sobre todo en áreas hoy utilizadas extensivamente con fines agrícolas, y señala que las comunidades vegetales más afectadas son los mezquitales y diversos tipos de matorrales crasicaules que casi han desaparecido para beneficio de la agricultura. Por su parte Rzedowski y Calderón de Rzedowski (1987), afirman que el bosque tropical caducifolio del Bajío corre el riesgo de desaparecer por completo del estado y es muy probable que algunos de sus elementos ya se hayan perdido.

Al comparar la superficie actualmente ocupada por cada tipo de vegetación con la que debió haber cubierto, de acuerdo con el mapa de vegetación potencial, se puede observar que efectivamente la superficie originalmente cubierta por todos los tipos de vegetación se ha reducido en el estado en un porcentaje cercano a 66%; siendo el bosque tropical caducifolio el más afectado, ya que se estima que su área original cubría 45.22% de la superficie del estado y actualmente sólo se conserva en 8.32% del territorio. Otros tipos de vegetación en los que su área original se ha reducido considerablemente son el bosque de *Quercus*, el matorral xerófilo y el pastizal natural, en los que la extensión original se ha reducido en más de 50%. Contrasta, en cambio, el hecho de que la superficie ocupada por los bosques de *Abies* y *Pinus* se ha reducido muy poco, lo que se puede explicar debido a que estas comunidades se encuentran en sitios poco accesibles y alejados de las poblaciones importantes (cuadro 1).

Conclusión

Se debe enfatizar, sin embargo, que todas las comunidades vegetales del estado se encuentran profundamente alteradas como consecuencia de las actividades humanas y que el proceso de deterioro continúa, por lo que su situación puede empeorar en el futuro inmediato. Se debe tener en cuenta también que en muchos sitios la eliminación de la cubierta vegetal ha desencadenado la ocurrencia de severos procesos de erosión y degradación del suelo, que no han sido evaluados adecuadamente y en consecuencia no



Figura 29. Vegetación acuática en un bordo cerca de San Felipe, Guanajuato, con *Polygonum mexicanum* (de color rosa) y *Cyperus* spp., cerca de San Felipe, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 30. Vegetación acuática en un charco o bordo con *Olivaea tricuspis* de flores amarillas y *Polygonum mexicanum* de flores rosas, cerca de San Pedro Almoloyan, municipio de San Felipe, Guanajuato (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).

se han tomado las medidas necesarias para evitar su avance o reducir su extensión.

Ante este panorama es urgente que se realice un diagnóstico detallado de las áreas susceptibles de conservar y del grado de erosión en el estado; con el fin de que se tomen medidas para proteger la vegetación de las áreas mejor conservadas, propiciar la revegetación (o restauración) de muchas áreas deforestadas y para detener la erosión.

Cuadro 1. Cambios en la superficie ocupada por las comunidades vegetales del estado de Guanajuato al comparar el mapa de vegetación potencial con el mapa de vegetación actual.

Tipo de vegetación	Potencial (ha)	%	Actual (ha)	%
Bosque de Abies	920.139	0.03	920.139	0.03
Bosque de Quercus	607 061.642	19.94	295 747.979	9.71
Bosque de Pinus	181 190.686	5.95	154 506.658	5.07
Bosque Tropical Caducifolio	1 376 834.512	45.22	253 498.268	8.32
Matorral Xerófilo	693 554.698	22.78	236 322.344	7.76
Pastizal	185 024.598	6.08	97 841.437	3.21
Total	3 044 586.275	100.00	1 548 287.062	34.10

Fuente: datos de Sergio Zamudio Ruiz y Carlos Alberto Ramírez Sosa con base en IEE, 2009 e Inegi, 1993.

Literatura citada

Aguilera, J.L. 1991. *Estudio florístico y sinecológico de la vegetación en el cráter "Hoya del Rincón de Parangueo", Valle de Santiago, Guanajuato*, tesis de maestría México, Colegio de Postgraduados, (CP).

Angulo, M.J. 1985. *Relación clima-vegetación en el estado de Guanajuato*, tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Carranza, E. 2005. "Conocimiento actual de la flora y la diversidad vegetal del estado de Guanajuato, México", en *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, Michoacán, México, Instituto de Ecología, A.C. Fascículo Complementario XXI.

Grether, R. 1974. *Estudio ecológico de Mimosa biuncifera Benth. y Mimosa monancistra Benth. en la cuenca alta del río de La Laja, Guanajuato*, tesis de licenciatura. México. Facultad de Ciencias, UNAM.

Gutiérrez-Gallegos, J.A. 2004. *Flora y Fitogeografía de-San José Iturbide, Guanajuato, México,* de licenciatura. México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.

IEE (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato). 2009. *Sistema de Monitoreo Ambiental de los Recursos Naturales del Estado de Guanajuato*. Síntesis de resultados 1970-2004.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 1993. *Mapa base; curvas de nivel y vías de comunicación obtenido a partir del conjunto de datos vectoriales de las cartas topográficas 1: 250,000.* Hojas E14-01, F14-08, F14.10, F14.11.

Koeppen, W. 1948. *Climatología*. Fondo de Cultura Económica (FCE), México.

Martínez, J. 1999. *Estudio florístico y sinecológico en la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato*, tesis de licenciatura. México. Campus Iztacala, UNAM.

Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. "Los tipos de vegetación de México y su clasificación", *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **28**: 29-178.

Pineda, A. 1978. "La vegetación forestal en el estado de Guanajuato", *Bosques y Fauna* **1**: 31-88.

Quero, H.J. 1984. "La vegetación de las serranías de la cuenca alta del río de La Laja, Guanajuato", *Anales del Instituto de Biología* **47**: 73-99.

Ramos, L.J. y A. Novelo. 1993. "Vegetación y flora acuáticas de la laguna de Yuriria, Guanajuato, México", *Acta Botánica Mexicana* **25**: 61-79.

Rivas, A. 1980. *Estudio sinecológico del municipio de Acámbaro, Guanajuato (México)*, tesis de licenciatura. Escuela de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.

Rubio, A. 1993. *Contribución al estudio florístico de la Sierra de los Agustinos, Guanajuato, México*, tesis profesional. Escuela de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, 87 pp.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. México, Limusa.

———. y G. Calderón de Rzedowski. 1987. "El bosque tropical caducifolio de la región mexicana del Bajío", *Trace* **12**: 12-21.

——— y G. Calderón de Rzedowski. 1988. "Dos nuevas localidades de Larrea tridentata (Zygophyllaceae) en el centro de México y su interés fitogeográfico", *Acta Botánica Mexicana* **1**: 7-10.

——— y G. Calderón de Rzedowski. 1995. "Los pastizales calcífilos del estado de Guanajuato". *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Fascículo Complementario IX.

———, G. Calderón de Rzedowski y R. Galván. 1996. "Nota sobre la vegetación y la flora del noreste del estado de Guanajuato". *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Fascículo Complementario XIV.

——— y R. McVaugh. 1966. "Vegetación de Nueva Galicia". Contributions from the University of Michigan Herbarium **9**:1-123.

SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1980. *Síntesis geográfica del estado de Guanajuato*. Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP)/ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi).

VEGETACIÓN DE SAN JOSÉ ITURBIDE, GUANAJUATO



Eloy Solano | Jorge Gutiérrez

El municipio de San José Iturbide se localiza al noreste del estado de Guanajuato y forma parte de la provincia fisiográfica del Altiplano Mexicano; sus componentes florísticos tienen afinidad fitogeográfica con los de la Altiplanicie (Rzedowski, 1978). Más de 50% de su territorio está dedicado a la explotación agrícola; en esta superficie, probablemente se desarrollaban matorrales xerófilos y bosques espinosos, sobre todo en la zona centro y norte del municipio. A partir de la última década del siglo pasado, se incrementó su desarrollo industrial con el establecimiento de empresas nacionales y transnacionales, que han contribuido considerablemente a la pérdida de su cubierta vegetal. Aun así, las zonas centro y norte del municipio conservan algunas áreas en donde se distribuyen cinco de los diez tipos de vegetación que Rzedowski (1978) reconoce para México.



Bosque de *Quercus* en San José Iturbide, Guanajuato (fotografía de Jorge Gutiérrez).

Solano, E. y J.A. Gutiérrez. 2012. "Vegetación de San José Iturbide, Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 56-59.

Bosque de coníferas

El bosque de coníferas se distribuye en una pequeña superficie al noreste de la cabecera municipal y colinda con los municipios de Tierra Blanca, Guanajuato y El Marqués, Querétaro; en las faldas del cerro Zamorano, a una altitud de 2 200 a 2 400 m, se desarrolla sobre suelos someros, pardos y arenosos (Xerosoles háplicos), en laderas con pendientes de 5 a 60% y clima templado seco. En el estrato arbóreo domina el pino piñonero (*Pinus cembroides*), con árboles de 4 a 6 m. El estrato arbustivo tiene una altura promedio de 1.5 m, donde destacan el pingüico (*Arctostaphylos pungens*), *Archibaccharis serratifolia, Brickellia tomentella*, pingüico negro o prieto (*Comarostaphylis polifolia*), *Rhamnus microphylla* y diferentes especies de *Salvia*, entre otras. El estrato herbáceo tiene una altura de entre 10 y 80 cm, sobresalen: girasol (*Cosmos parviflorus*), *Tridax coronopifolia,* aceitilla (*Bidens angustissima*), *Dalea foliolosa, Desmodium grahamii, Muhlenbergia distans* y tulillo (*Eleocharis acicularis*). Entre las epífitas son abundantes el pashte (*Tillandsia recurvata*) y la hierba del ciervo (*Pleopeltis mexicana*). Estos bosques se han talado para incorporar sus suelos a las actividades pecuarias y su madera ha sido utilizada desde hace mucho tiempo como combustible. Desde el año 2000 esta área fue designada por el gobierno estatal como Área Natural Protegida, con la categoría de Reserva de Conservación.

Bosque de encinos

Los encinares se encuentra al sureste y oeste del municipio, en una franja altitudinal entre 2 100 y 2 500 m, principalmente sobre suelos de color pardo y textura arenosa (*Xerosoles háplicos*), en laderas con pendientes de 30 a 60% y clima templado seco. El estrato arbóreo tiene una altura promedio de 6 m, en donde destacan manchones dominados por encino colorado (*Quercus castanea*), que se entremezclan con el roble (*Q. candicans*), roble albellano (*Q. deserticola*) y encino blanco (*Q. potosina*); además del madroño (*Arbutus tessellata*), palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), *Persea liebmanni*, capulín (*Prunus serotina*), cola de zorrillo o vara de zorro (*Ptelea trifoliata*) y el sauce (*Salix bonplandiana*). El estrato arbustivo puede variar de 30 cm a 2 m de altura. Las especies más frecuentes son *Arctostaphylos pungens, Baccharis pteronioides*, jara (*B. heterophylla*), *Bouvardia leavis*, hierba del perro (*Buddleja scordioides*), *Calliandra eriophylla, Comarostaphylis polifolia*, popotillo (*Croton morifolius*), *Dalea lutea, Lantana hirta, Lonicera pilosa, Montanoa leucantha, Rhamnus microphylla, Salvia curviflora, Seymeria decurva* y la hierba del venado (*Symphoricarpos microphyllus*). En el estrato herbáceo se encuentran especies de 10 cm a 1 m de altura, entre ellas: la margarita (*Aphanostephus ramosissimus*), *Astragalus nuttallianus*, gallito (*Commelina tuberosa*), *Crotalaria pumila, Dryopteris cinnamomea, Dyssodia pinnata, Echeandia flavescens*, hierba del sapo (*Eryngium heterophyllum*), *Hypericum galinum, Mirabilis melanotricha, Nama dichotomum, Phyla nodiflora, Pinguicula moranensis, Polygala compacta, Priva grandiflora*, mirto (*Salvia mexicana*), *Sisyrinchium cernuum*, castillo (*Stachys coccinea*) y *Tragia nepetifolia*. Es común encontrar bejucos o enredaderas como *Cardiospermum halicacabum, Cologania biloba, Phaseolus polymorphus* y el frijol de venado (*P. coccineus*) (figuras 1 y 2).

En el área donde se distribuye este tipo de vegetación son frecuentes los hornos para elaboración de carbón, actividad que ha fragmentado sus poblaciones.



Figura 1. Bosque de *Quercus* con *Arctostaphylos* al sureste de la cabecera municipal (fotografía de Jorge Gutiérrez).



Figura 2. Bosque de *Quercus potosina*, al este del municipio (fotografía de Jorge Gutiérrez).

Pastizal

Los pastizales se desarrollan principalmente hacia el suroeste y sureste del municipio, entre 2 200 m y 2 300 m de altitud, sobre suelos calcáreos o de origen ígneo, someros, oscuros o pardos, arenosos o arcillosos (Planosoles eutricos y Xerosoles háplicos); en climas templados secos y secos esteparios. En los primeros son comunes especies de los géneros *Andropogon, Aristida, Bouteloua* y *Muhlenbergia*. En los de origen ígneo domina *Aegopogon cenchroides* asociada con *Bouteloua curtipendula*. Esta comunidad vegetal ha sido afectada por el pastoreo de ganado caprino y bovino.

Matorral xerófilo

El matorral xerófilo se observa al noreste, centro, sur y sureste del municipio, entre 2 200 y 2 300 m de altitud, en suelos oscuros, someros y de origen ígneo (Feozems háplicos, Planosoles eutricos, Xerosoles háplicos y Vertisoles pélicos), con excepción del matorral de ocotillo (*Dodonaea viscosa*), que crece en suelos de origen sedimentario, pardos y arenosos. El matorral xerófilo se establece en laderas con pendientes de 10 a 70% y clima seco estepario. En él se distinguen las siguientes asociaciones huizache-garambullo-uña de gato (*Acacia-Myrtillocactus-Mimosa*), nopalera-huizache (*Opuntia-Acacia*) nopalera-castinguni (*Opuntia-Zaluzania*), mezquite-garambullo-huizache (*Prosopis-Myrtillocactus-Acacia*), café-palo bobo-huizache (*Senna-Ipomoea-Acacia*) y comunidades donde predominan *Dodonaea* u *Opuntia* (figuras 3, 4, 5 y 6). Este tipo de vegetación ha sido desplazada casi en su totalidad por la actividad agrícola e industrial.

Importancia

En San José Iturbide se inventariaron 657 especies de plantas vasculares, las que equivalen a 23.6% de las registradas en el estado por Sergio Zamudio para el presente estudio sobre la Bio-



Figura 3. Matorral de *Opuntia streptacantha* al noroeste de la cabecera municipal (fotografía de Jorge Gutiérrez).



Figura 4. Matorral de *Prosopis-Myrtillocactus*, al noreste del municipio (fotografía de Jorge Gutiérrez).



Figura 5. Matorral de *Opuntia-Yucca*, al noreste del municipio (fotografía de Jorge Gutiérrez).



Figura 6. Matorral de Acacia-Senna-Opuntia, al suroeste del municipio (fotografía de Jorge Gutiérrez).

diversidad de Guanajuato. El 41% de las plantas del municipio son endémicas de nuestro país, es decir, se ubican geográficamente dentro del territorio de la República Mexicana, y se han diversificado en el Altiplano Mexicano, provincia fisiográfica donde se localiza el área estudiada que comparte el mayor número de géneros con los matorrales xerófilos del centro de México y la vegetación templada de la Faja Volcánica Transmexicana (Rzedowski, 1991). Por otro lado, el municipio es importante desde el punto de vista biológico, pues la porción noreste correspondiente al cerro Zamorano es un Área Natural Protegida en el nivel estatal, con la categoría de Reserva de Conservación, donde se han registrado otras especies de plantas endémicas como *Portulaca guanajuatensis* y *Valeriana zamoranensis*.

Literatura citada

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. México, Limusa.

———. 1991. "Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica mexicana", *Acta Botánica Mexicana* **14**: 13-21.

LOS LAGOS DEL VALLE DE SANTIAGO, GUANAJUATO



JAVIER ALCOCER DURAND

Introducción

Los lagos del Valle de Santiago se encuentran ubicados en la porción sur del estado de Guanajuato, muy cerca del límite con el estado de Michoacán (figura 1). Son cuatro lagos: Rincón de Parangueo, altura 1 700 msnm (20°25' N-101°15' O); San Nicolás de Parangueo, 1 700 msnm (20°23' N-101°15' O); La Alberca, 1 690 msnm (20°23' N-101°12' O) y, finalmente, Cíntora, 1 710 msnm (20°21' N-101°12' O) (Cetenal, 1971). El área donde se encuentran los lagos se localiza dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico; pertenece a la región hidrológica número 12 (RH12) de Conagua, denominada Lerma-Santiago, cuenca del río Lerma-Salamanca (B) y está comprendida dentro de la subcuenca Presa de Solís-Salamanca. A pesar de que el acuífero regional, que ha sido la fuente principal de abastecimiento de agua para los lagos, ha sido vedado a la extracción de agua subterránea, existen numerosos pozos al norte, este y oeste de la cuenca (SPP, 1980).

Los parámetros climatológicos de la zona se caracterizan por una temperatura media anual de 19.2 a 20.5 °C y una precipitación media anual entre 715 y 738 mm, con una máxima anual de 1 193 mm y una mínima de 369 mm (SPP, 1981). La evaporación potencial es de 1 935 mm al año.

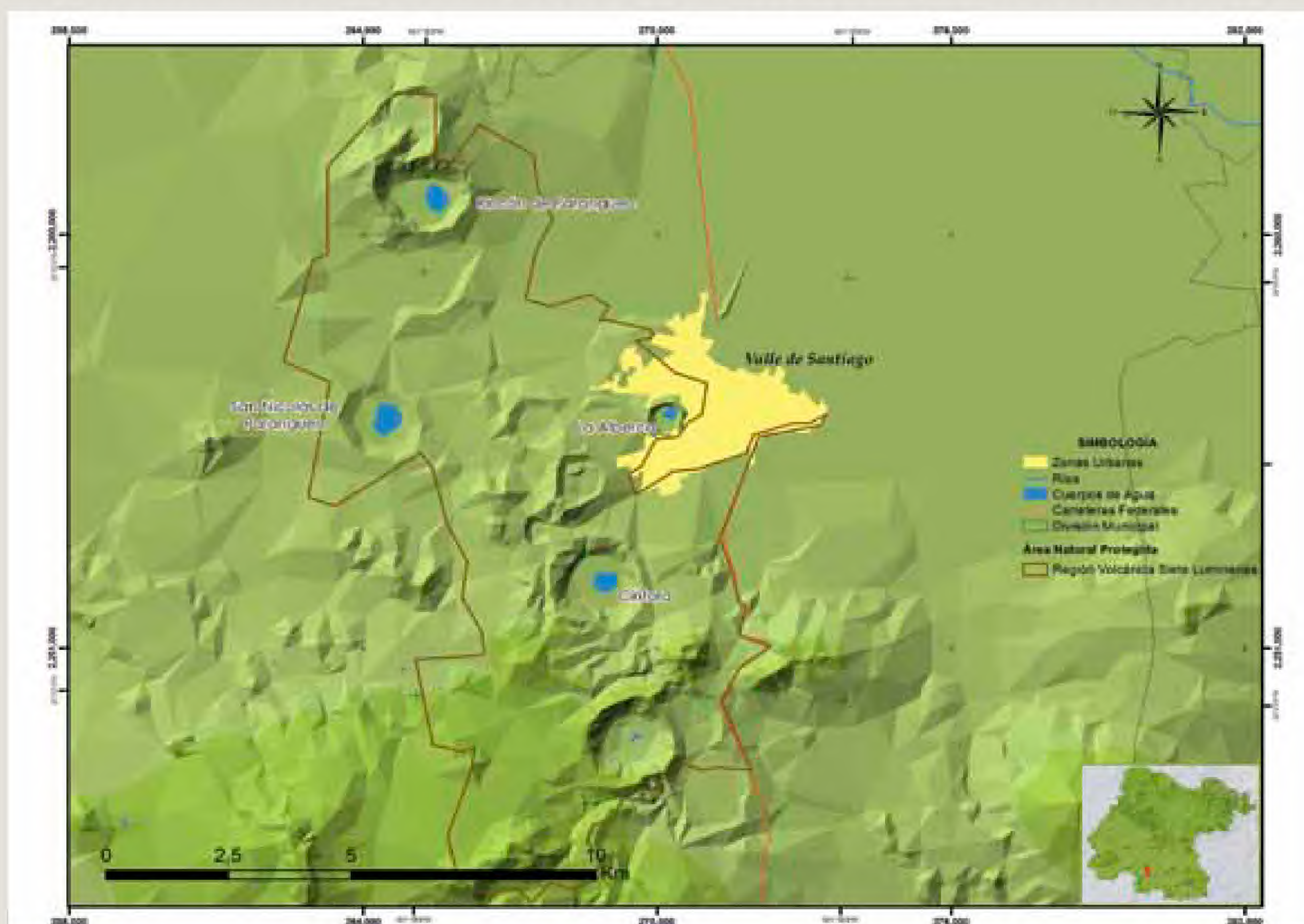


Figura 1. Los lagos cráter del Valle de Santiago, Guanajuato. Fuente: imagen tomada de Google Earth modificada por el autor.

Alcocer, J. 2012. "Los lagos del valle de Santiago, Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 60-64.

Origen y morfometría

Los lagos del Valle de Santiago se definen como lagos cráter tipo "maar", debido a que son cráteres volcánicos de bajo relieve que se formaron por explosiones generadas al entrar el magma en contacto con el agua del manto freático. Las cuencas resultantes presentaron formas circulares a triangulares de dimensiones reducidas que, al llenarse con agua subterránea, formaron los lagos. Comúnmente, este tipo de lagos suelen ser profundos con relación a su pequeña área superficial, lo que se refleja en las antiguas marcas de líneas de costa en algunos de ellos.

Específicamente, la forma de los lagos en este valle varía desde circular-elíptica (La Alberca y Cíntora), hasta ligeramente triangular (Rincón de Parangueo y San Nicolás de Parangueo). Existe muy poca información morfométrica histórica referente a estos lagos cráter, la cual está basada en las referencias de Green (1986) y algunos datos de Orozco y Madinaveitia (1941).

Tanto La Alberca como Rincón de Parangueo han sufrido un proceso de desecación importante. De acuerdo con las marcas de las antiguas líneas de costa, se nota una reducción aproximada de 35-40 m, lo que significa que originalmente los lagos alcanzaban por lo menos 50 m de profundidad. Al parecer, la sobreexplotación de los acuíferos inició a partir de 1940 (Kienel *et al.*, 2009). En el caso de La Alberca, fotografías históricas de la década de los setenta muestran al lago en su nivel máximo (~ 50 m). Posteriormente, Rojas (1985) menciona que su profundidad alcanzaba 34.4 m en las orillas y 35.9 m al centro. Finalmente, para el 2003 se encontró prácticamente seco.

Por otra parte, Alcocer (2002) presenta evidencia fotográfica en donde ilustra el drástico cambio de nivel de ambos lagos en los últimos años (figura 2). Revisando las fotografías aéreas más antiguas (1970) de la zona, se puede observar que los cuatro lagos tenían agua. Sin embargo, en las fotografías tomadas 14 años después (1984), tanto San Nicolás de Parangueo como Cíntora se encontraban secos. Brown (1984, citado por Metcalfe *et al.*, 1994) determinó que el lago San Nicolás de Parangueo se secó aproximadamente en el año 1979.

Recientemente, imágenes de Google Earth muestran que La Alberca, Cíntora y Rincón de Parangueo se han encontrado casi o totalmente secos desde 2003 hasta 2007, pero presentaron agua en 2005 y 2009. Esta fluctuación debe estar asociada al balance de precipitación-evaporación de cada año, lo cual permite la acumulación de agua durante algunos años.

Fisicoquímica

A pesar de que no existen bases de datos históricos respecto a las características fisicoquímicas de los lagos (cuadro 1), los lugareños refieren que los cuatro lagos cráter diferían en salinidad, siendo Rincón de Parangueo y Cíntora los más salinos de ellos. En el mismo sentido, Green (1986) reporta una conductividad de 2.3 $mS.cm^{-1}$ (≈ 1.4 $g.l^{-1}$) para las aguas de La Alberca, y de 25 $mS.cm^{-1}$ (≈ 16.7 g.l-1) para Rincón de Parangueo. Para 1995, la conductividad era de 5-6 $mS.cm^{-1}$ (≈ 3-3.5 g.l-1) para La Alberca y de 70 a 80 $mS.cm^{-1}$ (≈ 53-56 $g.l^{-1}$) para Rincón de Parangueo. Destaca que para el 2002, la salinidad en Rincón de Parangueo sobrepasó los 120 $g.l^{-1}$ (Alcocer, datos no publicados), lo que representa una concentración muy elevada, considerando que el mar tiene una salinidad de 35 $g.l^{-1}$ y el agua dulce menos de 3 $g.l^{-1}$ (Williams, 1996).

Del único lago que existe información sobre la composición química del agua es de La Alberca (Orozco y Madinaveitia, 1941; SPP, 1981). De



Figura 2. La Alberca (a la izquierda) y Rincón de Parangueo (a la derecha) en 1995 (arriba) y 2002 (abajo). Las flechas indican el nivel original de los lagos (fotografía de Javier Alcocer Durand).

acuerdo con los estudios, las sales más importantes son, en orden de dominancia: carbonato y bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$ y Na_2CO_3), cloruro de sodio (NaCl) y sulfato de sodio (Na_2SO_4). Esta composición química particular da lugar a que sus aguas presenten un pH muy elevado, mayor a nueve. La sensación jabonosa del agua de La Alberca y Rincón de Parangueo le sugirieron a Green (1986) un pH básico y una composición química dominada por carbonatos. Efectivamente, el pH en 1995 era de 9.5 y 9.8 unidades, respectivamente. La combinación de salinidad y pH elevados hacen de estos cuerpos acuáticos uno de los hábitats más extremos, en donde sólo se pueden desarrollar organismos especializados

El agua de los lagos es turbia, principalmente derivada de la presencia de gran cantidad de fitoplancton. Green (1986) indicó lecturas de visibilidad de disco de Secchi (transparencia) de 1 m para La Alberca y de 0.6 m para Rincón de Parangueo. En 1995, la profundidad al disco de Secchi para La Alberca fue de alrededor de 1 m y de 0.8 m para Rincón de Parangueo.

En cuanto a temperatura del agua, los lagos son cuerpos acuáticos cálidos, entre 27 °C para La Alberca y 30 °C para Rincón de Parangueo durante los meses de julio y agosto (Green, 1986). Durante la temporada invernal, en noviembre de 1995, La Alberca mostró un comportamiento estable en profundidad con temperaturas próximas a 19 °C, mientras que Rincón de Parangueo fluctuó de 19 °C en los primeros 2 m superficiales a 23 °C en el resto de la columna de agua. Este hecho se asocia, probablemente, a la menor salinidad de la capa superficial (que se define a partir de la superficie y hasta los dos primeros metros) respecto a las capas de mayor profundidad (de los 2 m y hasta el fondo).

Biología

El fitoplancton de los lagos está totalmente dominado por algas verde-azules (cianobacterias), indicando un estado muy productivo, ya sea eutrófico o hipertrófico. En La Alberca se ha registrado una sola especie de la cianobacteria filamentosa del género *Oscillatoria*, así como algunas células del alga verde del género *Actinastrum* (Green, 1986). El color verde brillante del agua, así como el predominio de las algas mencionadas, ratifican su elevado grado de eutrofia y las condiciones extremas en las cuales se desarrollan

Cuadro 1. Características físicas y biológicas de los lagos de Valle de Santiago.

Variables	Lago			
	Rincón de Parangueo	San Nicolás	Cíntora	La Alberca
Área (m^2)	724 000	491 211	267 188	181 000
Longitud máxima (m)	1 050	969	619	481
Ancho máximo (m)	913	688	575	394
Profundidad máxima (m)	50	?	?	50
Transparencia (m)	0.6-0.8	?	?	1
Temperatura (°C)	19-30	?	?	19-27
pH	9.8	?	?	9.5
Conductividad (mS cm^{-1})	25-80	?	?	2.3-6
Salinidad (g L^{-1})	53-56	?	?	3-3.5
Fitoplancton	*Spirulina, Anabaena*	?	?	*Oscillatoria, Actinastrum*
Zooplancton	*Brachionus inermis, Hexarthra polyiodonta, Vorticella*	?	?	*Diaptomus albuquerquensis, Hexarthra polyodonta, Brachionus inermis*
Bentos	*Ephydra hians*	?	?	*Chaoborus, Corixidae, Odonata*
Peces	-	?	?	*Allophorus robustus, Goodea atripinnis, Chirostoma bartoni, Oreochromis mossambicus*

Fuente: SPP, 1981.

estos organismos. Por otra parte, Rincón de Parangueo presenta las mismas características de trofismo (eutrofía a hipertrofía), pero en este caso la cianobacteria dominante es del género *Spirulina*, la cual habita característicamente en aguas con pH fuertemente básico y concentraciones elevadas de bicarbonato de sodio. De esa manera, Rincón de Parangueo constituye un sitio natural de producción de *Spirulina*.

Cabe mencionar, que el copépodo *Diaptomus albuquerquensis* es abundante en La Alberca (Green, 1986). Sin embargo, se encuentra ausente en Rincón de Parangueo, lo cual se puede asociar a la elevada salinidad presente en este lago. En la comunidad zooplanctónica de los lagos se encuentran también dos especies de rotíferos: *Hexarthra polyodonta* y *Brachionus inermis*; en La Alberca se presentan en una proporción de 99 y 1%, respectivamente. Esta proporción se invierte en el caso de Rincón de Parangueo, con 92% de *B. inermis* y 8% de *H. polyodonta*, muy probablemente porque *Brachionus* es más tolerante a la salinidad. Ambas especies se han observado en aguas con fuertes concentraciones de bicarbonato de sodio (Ruttner-Kolisko, 1974).

Los organismos que habitan el fondo (bentos) de La Alberca pertenecen a una especie de mosquito, *Chaoborus* sp. (Diptera: Chaoboridae), conocida como el mosquito fantasma, mientras que Rincón de Parangueo no presenta bentos profundo. La carencia de oxígeno que resulta en condiciones de anoxia por debajo de los 2 m de profundidad, presumiblemente por periodos prolongados, puede explicar la ausencia de organismos. Sin embargo, el bentos de la zona litoral tiende a ser más variado. En La Alberca se encontraron moscos (Hemiptera: Corixidae), escarabajos y larvas de libélulas y en las orillas de Rincón de Parangueo algunas larvas de la mosca alcalina *Ephydra hians* (Diptera: Ephydridae). Green menciona que al visitar el lago en 1981, la superficie entera del mismo estaba cubierta por estos organismos en densidades de entre 100 y 500 organismos/m^2.

En cuanto a las especies de peces, La Alberca ostenta cuatro especies diferentes, en contraste con Rincón de Parangueo, que debido a su elevada salinidad, no presenta ninguna. Tres de las cuatro especies de La Alberca son nativas (familias Goodeidae y Atherinidae) y otra más es exótica o introducida (Cichlidae). Los goodeidos, conocidos como sardinita, chehua o pez amarillo, son *Allophorus robustus* y *Goodea atripinnis*; el aterínido o charal es *Chirostoma bartoni*; y el cíclido africano es la tilapia *Oreochromis mossambicus*. De las especies anteriores, el charal es una especie endémica de La Alberca y, de acuerdo con Espinosa *et al.* (1993), se considera una especie amenazada.

Amenazas

Diversos impactos humanos amenazan la persistencia de los lagos cráter del Valle de Santiago, los cuales son examinados en detalle por Alcocer *et al.* (2000). En resumen, la eliminación de la vegetación nativa, el sobrepastoreo, el abatimiento acelerado del nivel del agua subterránea y su salinización han derivado tanto en una erosión severa como en una desertificación generalizada (degradación de suelos). Se trata de una degradación de largo plazo iniciada desde tiempos prehispánicos. De esta forma, las actividades humanas han provocado un clima más seco y cálido, escasez del recurso hídrico, tolvaneras, salinización de suelos y, por supuesto, una disminución generalizada en la economía local y regional. Los recursos superficiales y subterráneos de Valle de Santiago se encuentran fuertemente amenazados. En la actualidad, los cuatro lagos están secos o casi secos, el nivel fluctúa ampliamente asociado al balance precipitación-evaporación y al abatimiento del manto freático que alcanza al menos 2.5 m al año. No existe ningún programa de uso sustentable del recurso acuático a pesar de la urgencia de ello (Alcocer *et al.*, 2001) además de que el gobierno declaró esta área vedada para la extracción de agua subterránea y como Área Natural Protegida en la categoría Monumento Natural, en 1997. La problemática de esta zona ejemplifica claramente los retos que enfrenta México ante el problema de falta de agua.

Relevancia

Los pobladores indígenas de la región (posiblemente en un inicio la cultura Chupícuaro y posteriormente los purépechas) consideraban desde

épocas prehispánicas a los volcanes del Valle de Santiago como un sitio ceremonial. Creían que los siete cráteres eran el reflejo (la imagen en el espejo) de las siete estrellas de la Osa Mayor y que esto era un recordatorio de la estrecha liga que existe entre lo mundano y lo celestial, o bien, entre el microcosmos y el macrocosmos. Además del valor histórico, los lagos del Valle de Santiago tienen importancia económica y no-económica. Son relevantes desde un punto de vista científico (estudio de la vida en ambientes extremos), ecológico (hábitat de multitud de organismos), de conservación (presencia de endemismos), cultural (tradiciones y leyendas), recreacional (ecoturismo), estético (belleza escénica) y económico (explotación de sales –bicarbonato de sodio– y del alga *Spirulina*).

Literatura citada

Alcocer, J. 2002. "Major surface water challenges in Mexico", *LakeLine* 22: 28-31.

———, E. Escobar y A. Lugo. 2000. "Water use (and abuse) and its effects on the crater-lakes of Valle de Santiago, Mexico", *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 5: 145-149.

———, E. Escobar y A. Lugo. 2001. "The urgency of implementing sustainable water management plans in Mexico" en D. Harper y M. Zalewski (eds.), Ecohydrology. Science and the sustainable management of tropical waters, IHP-V, *Technical Documents in Hydrology*, núm. 46, París, Unesco, p. 96.

Cetenal (Comisión de Estudios del Territorio Nacional). 1971. Carta topográfica. Hoja Querétaro F14-10. 1:250,000.

Espinosa, H., M.T. Gaspar y P. Fuentes. 1993. *Listados faunísticos de México*. III. *Los peces dulceacuícolas mexicanos*. Instituto de Biología, México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 98 pp.

Green, J. 1986. "Associations of zooplankton in six crater lakes in Arizona, Mexico and New Mexico", *Journal of Zoology* 208: 135-159.

Kienel, U., S. Wulf Bowen, R. Byrne, J. Park, H. Böhnel, P. Dulski, J.F. Luhr, L. Siebert, G.H. Haug y J.F.W. Negendank. 2009. "First lacustrine varve chronologies from Mexico: impact of droughts, ENSO and human activity since AD 1840 as recorded in maar sediments from Valle de Santiago", *Journal of Paleolimnology* 42: 587-609.

Metcalfe, S.E., F.A. Street-Perrott, S.L. O'Hara, P.E. Hales y R.A. Perrott. 1994. The palaeolimnological record of environmental change: examples from the arid frontier of Mesoamerica, en A.C. Millington y K. Pye (comps.), *Environmental change in drylands: Biogeographical and geomorphological perspectives*. Nueva York, Wiley, pp. 131-145.

Orozco, F. y A. Madinaveitia. 1941. "Estudio químico de los lagos alcalinos", *Anales del Instituto de Biología de la* UNAM 12: 429-438.

Rojas, B. 1985. *Valle, corazón del Bajío. Municipio de Valle de Santiago*. Guanajuato. 356 pp.

Ruttner-Kolisko, A. 1974. "Plankton rotifers. Biology and taxonomy", *Die Binnengewäser* 26, parte 1, 146 pp.

SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1980. *Carta estatal hidrología subterránea*. Hoja Guanajuato 1:500,000.

———. 1981. *Carta hidrológica de aguas superficiales*. Hoja Querétaro F14-10. 1:250,000, SSP.

Williams, W.D. (1996). "The largest, highest and lowest lakes of the world: saline lakes", *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Limnologie* 26: 61-79.





RESUMEN

Ramón Cecaira Ricoy | Oscar Báez Montes

En este capítulo se ha compilado información sobre el estado del conocimiento actual de la diversidad de especies de distintos grupos biológicos presentes en Guanajuato. La información se presenta de acuerdo a la complejidad biológica de los grupos taxonómicos: microorganismos, hongos, flora y fauna (invertebrados y vertebrados).

A pesar de la percepción común, los hongos son un grupo muy distinto al de las plantas y constituyen el reino Fungi, debido a que carecen del pigmento verde llamado clorofila, mediante el cual las plantas realizan la fotosíntesis (proceso de obtención de energía). Por el contrario, los hongos tienen mayores similitudes con los animales al tomar su alimento del medio ambiente (organismos heterótrofos). Se han registrado 136 especies de hongos en Guanajuato, que participan en la degradación de materia orgánica, parasitismo, así como otras asociaciones benéficas con plantas (micorrizas), por lo cual están presentes no sólo en ecosistemas naturales sino también en agroecosistemas. Además, 31% de las especies son comestibles y contienen un alto contenido proteico.

Con respecto a las plantas, la información existente sobre su diversidad en el estado se remonta al siglo XVIII. Durante los últimos 25 años gracias al proyecto de *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* los registros y colectas se han incrementado de forma significativa, de manera que se tiene contabilizada una riqueza florística de 2 786 especies. Las plantas con flores son las mejor representadas y las más diversas en estos inventarios (cerca de 95%), seguidas de los helechos y plantas afines con 126 especies y, finalmente, las plantas sin flor (gimnospermas) con 18 especies. En la región del noreste del estado, se concentra la mayor cantidad de plantas endémicas, especialmente de la familia Cactaceae. Las plantas pueden tener diferentes formas ecológicas: árboles, arbustos, herbáceas, epífitas o algunas parásitas de otras plantas. Un listado preliminar de árboles silvestres del estado de Guanajuato representa 6% de la flora fanerogámica estatal.

De los invertebrados, los insectos y en particular los escarabajos son uno de los grupos con mayor número de especies en el planeta. Los escarabajos ocupan prácticamente todos los ecosistemas del planeta, realizan funciones de polinización, descomposición de la materia orgánica y control biológico. Algunas de las especies registradas de Curculionidos (picudos) para el estado son plagas importantes de cultivos como la alfalfa, mientras que otro tipo de escarabajos conocidas como catarinitas, presenta una enorme capacidad para fungir como control biológico de plagas en cultivos.

Para el estado de Guanajuato se han recopilado trabajos sobre cinco familias de escarabajos: Buprestidae (escarabajos joya), Cerambicidae (escarabajos barrenadores o torito), Coccinellidae (catarinitas), Curculionidae (picudos) y Hydrophilidae (escarabajos acuáticos).

Los chapulines, otro grupo de insectos de relevancia en las redes tróficas, son fuente sustancial de proteínas para otros animales (por ejemplo, los

Huitzitzilin, ejemplo de coexistencia sustentable (fotografía de Óscar Alejandro Morales Juárez).

vertebrados). Algunas especies son consideradas plagas para el hombre y algunas otras tienen a su vez un potencial alimenticio muy grande. Para Guanajuato se tienen identificadas 47 especies (35% de las especies reportadas para México).

Otro grupo de invertebrados muy diverso es el de las arañas con aproximadamente 40 000 especies registradas a nivel mundial. Para el estado se han reportado 46 especies. Las arañas participan en la regulación de poblaciones por ser depredadores de insectos y se identifican como un grupo muy útil en el control biológico de insectos que forman plagas sobre los cultivos.

Dadas las condiciones de heterogeneidad ambiental y la necesidad de ampliar los estudios sobre la biología básica y de distribución de estos grupos, Guanajuato se reconoce como un estado con una diversidad potencialmente alta para los organismos invertebrados.

Con respecto a los organismos que contienen una estructura ósea, es decir los vertebrados, en este estudio se presenta información para peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Dada su conformación geográfica, en el estado inciden peces de las regiones neártica y neotropical así como grupos exclusivos del centro de México, una especie endémica (*Chirostoma bartoni*) pobló las aguas de Guanajuato, hoy extinta debido a la actividad antropogénica.

La mayor parte de los cuerpos de agua pertenecen a la cuenca del río Lerma-Chapala. En el estado se han registrado 38 especies de peces, que equivalen a 7.5% del total de peces de agua dulce que se conocen para México, de las cuales nueve se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Se considera a Alfredo Dugès como el padre de la herpetología mexicana, ya que realizó estudios muy importantes de anfibios y reptiles en Guanajuato en el siglo XIX. Actualmente se han registrado 25 especies de anfibios y 81 de reptiles, que representan 6.9% y 9.4% del total nacional, respectivamente, de las cuales 14 especies de anfibios y 42 de reptiles son endémicas a México.

La riqueza de aves en la entidad es de 366 especies, lo que representa el 34% de la diversidad a nivel nacional. 34 especies se han clasificado bajo alguna categoría de riesgo NOM-059. Algunas especies son apreciadas como ornato o canoras, otras con fines cinegéticos y algunas se consideran plaga, principalmente en cultivos de sorgo, trigo, arroz y fresa.

Por otra parte, el conocimiento de los mamíferos en Guanajuato se ha incrementado en años recientes, y es muy probable que continúe esta tendencia ya que aún quedan regiones por estudiar. Se presentan nuevos registros notables de mamíferos, que pueden evidenciar el buen estado de conservación en dichas regiones, por ejemplo, los registros del margay (*Leopardus wiedii*), ocelote (*L. pardalis*) o del zorrillo manchado (*Spilogale gracilis*).

El territorio que hoy conocemos como Guanajuato ha sufrido a lo largo de millones de años una profunda transformación en su geología y su paleobiología asociada. Los trabajos sobre fósiles de vertebrados son escasos y únicamente abarcan las eras geológicas del Eoceno al Pleistoceno. Hasta el momento se tienen identificadas seis áreas con presencia de fósiles. En San Miguel de Allende se localiza unos de los sitios que mejor representa la paleofauna de macromamíferos en el centro de México y probablemente del

país. Estos estudios paleontológicos han permitido trazar las rutas de algunos vertebrados a lo largo del paleocontinente americano.

Finalmente, la información contenida en colecciones científicas representa una fuente muy importante de consulta para el registro del conocimiento de la biodiversidad del estado. En la entidad existen colecciones biológicas cuya relevancia en el registro, compilación, resguardo y difusión para el conocimiento de su diversidad biológica resulta innegable, como el caso de las presentes en el Museo Alfredo Dugès de la Universidad de Guanajuato.



HONGOS

Rosario Medel | Armando López | Juventino García

Descripción

Los hongos son organismos con caracteres muy peculiares, como la carencia de clorofila (pigmento verde de las plantas), razón por la que para tomar sus alimentos colonizan y se nutren de otros sustratos por medio de la absorción. Poseen núcleos en sus células y quitina en la pared de las mismas. Pueden ser microscópicos o pueden observarse a simple vista y constituyen un reino o grupo muy diferente al de las plantas y los animales. Lo que comúnmente conocemos como hongos son los frutos del micelio que se desarrollan bajo la hojarasca como delgados hilos blancos o filamentos, conocidos como hifas, los que degradan la materia orgánica y constituyen el cuerpo o micelio de estos organismos.

Los hongos pueden ser saprobios, es decir, aquellos que degradan las ramas, hojas y troncos, o parásitos, que poseen diferentes niveles de patogenicidad y que atacan distintas estructuras anatómicas de sus hospederos (como hojas, tallos o raíces), regulando así las poblaciones dentro del ecosistema. Los hongos que se asocian con las raíces de los árboles se llaman micorrícicos, y gracias a esta asociación simbiótica han podido sobrevivir por millones de años.



Copas de veneno (fotografía de Juana Olivia García Rosas).

Medel Ortiz, R., M. A. López-Ramírez y J. García-Alvarado. 2012. “Hongos” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 70-77.

En el estado de Guanajuato se han explorado esporádicamente estos organismos, de tal manera que se conocen más de 100 especies, entre las que se encuentran destructoras de la madera, micorrícicas, comestibles, parásitas de hongos, insectos y plantas, como es el caso de las royas del género *Puccinia y Uromyces*. También se conoce una especie perteneciente a los mixomicetes, que no son hongos pero que tradicionalmente han sido estudiados por los micólogos.

Diversidad

Los hongos son el segundo grupo más diverso y numeroso en la Tierra, por debajo solamente de los insectos. Su diversidad se ha estimado, conservadoramente, en 1.5 millones de especies (Hawksworth, 1991), aunque hoy día sólo se han descrito alrededor de 70 000 especies en el mundo (Kirk *et al*., 2001). De acuerdo con Guzmán (1998) la escala de diversidad que puede existir en México es del orden de 200 000 especies, aunque Sarukhán *et al.* (2009) mencionan que se han registrado unas 7 000 especies de hongos en México, de las que aproximadamente 700 corresponden a Ascomicetes macroscópicos (Medel, 2007). La diversidad conocida en el estado se sintetiza de la siguiente manera: del grupo de los Ascomicetes se conocen 15 especies en cinco órdenes, seis familias y nueve géneros, de los cuales el género *Helvella* es el mejor conocido con cinco especies, todas ellas han sido citadas como especies comestibles. De los Basidiomicetes se conocen 111 especies en 14 órdenes, 35 familias y 64 géneros, de los cuales el más abundante es el género *Russula*, con nueve especies, algunas de ellas también citadas como comestibles.

Distribución

Los hongos son organismos de amplia distribución capaces de colonizar casi cualquier sustrato. Es conocido que estos organismos prosperan principalmente en la época de lluvia, pero podemos encontrarlos casi en cualquier periodo del año. Dada su dispersión por esporas y su capacidad de colonizar sustratos diversos, la distribución de los hongos es cosmopolita, existen desde los polos hasta los trópicos, habitando casi cualquier tipo de bosque.

Para el estado, las especies que se han estudiado se distribuyen principalmente en los bosques de abetos (*Abies religiosa*); bosque de coníferas (*Pinus* spp.); bosques mixtos de abetos y encinos (*Abies religiosa* y *Quercus* spp.); bosque de encinos (*Quercus* spp.); bosque mesófilo de montaña y matorral xerófilo o árido. Aunque, como se discutirá más adelante, las exploraciones de hongos en el estado no han sido consistentes y la mayoría de las contribuciones son trabajos generales que citan especies para varias entidades, entre ellas Guanajuato, existen algunos estudios exclusivos de la entidad como los de Pérez-Silva (1969), Ojeda-López *et al*., (1986) y Landeros *et al*., (2006). Aun así, el conocimiento de más de cien especies es significativo dado lo esporádico de los estudios. Algunos municipios estudiados pertenecen a la Sierra Gorda, una de las cinco regiones geográficas del estado. Estos municipios son: Xichú (Casitas, Cerro de Bernalejo, Cerro de la Gorrita, Cerro de Puerto Hondo, Charco Azul, El Ocotero, La Loma de la Joya, La Media Naranja, Los Gallitos, Puerto Blanco); Victoria (Derramaderos, Joya Fría, Puerto de Palmas, San Agustín) y Los Lavaderos (Ojeda-López *et al*., 1986). También existen especies citadas de Ojo de Agua en la carretera Guanajuato-Dolores Hidalgo (Pérez-Silva, 1969) y el cerro Zamorano del lado perteneciente al estado de Guanajuato (Landeros *et al*., 2006).

Importancia

Como se mencionó anteriormente, los hongos están presentes en casi todos los ecosistemas. Además de proporcionarnos antibióticos, cerveza y pan, muchas de las especies que se encuentran en el campo son objeto de recolección, ya sea para autoconsumo o venta a pequeña escala, generando con esto ingresos económicos para ciertos grupos sociales. La importancia de los hongos para el cultivo semiindustrial e industrial es significativa ya que su siembra y comercialización a nivel mundial se ha incrementado en los últimos años.

Los hongos han sido elementos importantes en las ceremonias de diversos grupos étnicos.

Aunque no existe hasta hoy un estudio completo de los hongos en el estado, las especies citadas tienen *per se* una importancia ecológica, ya que se han citado especies saprobias, simbiontes (organismos que se asocian entre sí, para obtener un beneficio mutuo) y parásitas. No existe, al parecer, un estudio desde el punto de vista etnomicológico (conocimiento y uso de los hongos por grupos étnicos), por lo que sería necesario realizarlo antes de que dicho conocimiento se pierda; es probable que exista información de este tipo en los estados de Jalisco, Michoacán o Querétaro, entidades con tradición etnomicológica y con límites en varios puntos con Guanajuato. Por otro lado, destaca la importancia en la investigación sobre estos organismos en áreas muy importantes como Bioquímica, Fisiología y Metabolismo de los hongos, ya que en la unidad Irapuato del Centro de Investigaciones de Estudios Avanzados (Cinvestav), del Instituto Politécnico Nacional, se realizan investigaciones de punta en las especialidades mencionadas.

Situación y estado de conservación

Los hongos del estado de Guanajuato, principalmente los macromicetos (hongos que se observan a simple vista), se empezaron a estudiar formalmente apenas en la segunda mitad del siglo pasado, época en que Pérez-Silva (1969) citó varias especies de la localidad de Ojo de Agua (sobre la carretera Guanajuato a Dolores Hidalgo). En el apéndice 1, se presenta una relación de los hongos que bibliográficamente se han citado de la entidad, en la que se incluye información taxonómica, tipo de vegetación y sustrato, donde se encontraban creciendo, además de otro apéndice con sus usos y el nombre común que reciben estos hongos en el país (apéndice 2). Son 127 especies de hongos citadas en la bibliografía y dicha estimación se basó en la revisión de Herrera y Guzmán, 1972; Bandala *et al.*, 1993; Bandala y Montoya, 2004; Esqueda *et al.*, 2002; Guzmán y Herrera, 1973; Guzmán, 1973; Herrera y Guzmán, 1972; Landeros *et al.*, 2006; León Gallegos y Cummins, 1981a, 1981b; Medel *et al.*, 1999; Medel, 2007; Ogata *et al.*, 1994; Ojeda- López *et al.*, 1986; Pérez-Silva, 1969; Ramírez-López y Villegas, 2007; Valenzuela *et al.*, 1994; Vite Garin *et al.*, 2006; Zenteno-Zevada y Pérez-Silva, 1977. Algunos ejemplos se muestran en las figuras 1 al 11.

De las 127 especies citadas en el apéndice 1, 15 se adscriben a los Ascomicetes (con cinco órdenes y seis familias), 111 son Basidiomicetes (14 órdenes, 37 familias) y sólo una especie es un Mixomiceto. Estas especies se distribuyen en 19 órdenes que constituyen 73 géneros. Los órdenes mejor representados son los Agaricales con 17 familias, 26 géneros y 37 especies. Los hongos reportados para el estado de Guanajuato y registrados en el apéndice 1, se adscriben a seis tipos de vegetación, a saber: 1) bosque de abetos (*Abies religiosa*) con 17 especies; 2) bosque de pinos (*Pinus* spp.) con 11 especies; 3) bosque de abetos y encinos con 27 especies (*Abies religiosa* y *Quercus* spp.); 4) bosque de encinos con 18 especies (*Quercus* spp.); 5) bosque mesófilo de montaña con 21 especies; 6) matorral xerófilo o árido con sólo dos especies, otras categorías que corresponden a hongos de amplia distribución o cosmopolitas (13 especies) y 16 especies sin datos. De los seis tipos de vegetación arriba considerados, son los bosques de pinos los que más área ocupan en la entidad, en contraste con una gran mayoría de la superficie del estado que se encuentra convertida en zonas agrícolas y pecuarias, además de ser una de las entidades con mayor densidad poblacional en el país (Carranza, 2005). De tal manera que estos factores, aunados a los escasos estudios sobre hongos, colocan a Guanajuato como una de las entidades que deberían generar una estrategia para incrementar el conocimiento en estos organismos.

Los hongos ectomicorrícicos están representados en los bosques de coníferas y de encinos de la entidad, particularmente los géneros *Amanita, Boletus, Cortinarius, Helvella, Laccaria, Lactarius, Melanoleuca, Ramaria y Russula*, señalados también en el apéndice 1. Entre los hongos parásitos se encuentran las especies de royas (géneros *Aecidium, Puccinia* y *Uromyces*).

En el apéndice 2, se han enlistado las especies de acuerdo a su uso y el nombre común con el que se les conoce, principalmente en la parte central del país (Guzmán, 1997). Son 29 especies las que se saben comestibles y se recolectan tanto para autoconsumo como para la venta en los mercados del centro del país, específicamen-

te en entidades como el Distrito Federal y zonas circunvecinas. En mucho menor cantidad (seis) están las especies que se conocen como venenosas (tóxicas o mortales), además, hay especies que se utilizan por sus propiedades medicinales (*Ganoderma* spp).

Acciones de conservación y protección

En esta contribución se presenta un inventario de los hongos de Guanajuato. Las 127 especies que se han registrado en la entidad (apéndice 1) constituyen indudablemente una mínima parte de los hongos que habitan en el estado, tal como lo mencionaron Medel *et al*. (1999) cuando citaron sólo una especie de Ascomicetes para Guanajuato. Faltan exploraciones dirigidas a incrementar las colecciones científicas en la entidad y sobre todo desarrollar investigación básica que permitan conocer las especies que habitan en diferentes tipos de bosques, su ecología, distribución y usos. Los hongos son de amplia distribución, de tal manera que actualmente es difícil o poco real hablar de especies exclusivas o endémicas de Guanajuato. Del listado incluido en el apéndice 1, se encontró que sólo una especie (*Morchella costata*) se considera, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, como una especie amenazada, aunque por la estrecha relación entre los bosques y hongos, en cuanto más frágil es la condición de los primeros más vulnerables se encuentran los segundos. Así, quedarían en esta condición los hongos de los bosques sometidos a presiones antropogénicas, como los de pinos, abetos y encinos, pero particularmente los hongos del bosque mesófilo de montaña debido, además, a la distribución naturalmente fragmentada de este tipo de vegetación. Como lo mencionó Carranza (2005), el conocimiento de los recursos vegetales de Guanajuato está incompleto (lo cual también se aplica a los hongos), ya que hasta 2005 se conocían 166 familias y 2 547 especies de árboles, por lo que, basado en el número de plantas vasculares registradas y tomando en cuenta una relación planta-hongo de 1:5 (Hawksworth, 1991), la diversidad de hongos en Guanajuato podría ser del orden de unas 12 000 especies. Particularmente faltan estudios en la zona de matorrales xerófilos (Cañón del río Santa María), bosques mesófilo de montaña y la parte de bosque tropical caducifolio en la parte surcolindante con Michoacán. Los manchones de bosque tropical caducifolio también constituyen una fuente de especies de hongos lignícolas del tipo de los poliporáceos y otros grupos de afinidad tropical como los Xylariales; ya que los hongos dependen del estado de conservación del bosque, las acciones que se lleven a cabo en este sentido, contribuirán a la conservación de especies de hongos y de una gran cantidad de organismos animales y vegetales asociados a los bosques en buen estado.

Uno de los avances en la entidad es el decreto de la Sierra Gorda de Guanajuato como Reserva de la Biosfera, que ha sido un buen intento de conservación, tanto para el bosque como para los hongos. Sin embargo, el decreto *per se* no asegura que esta zona se conserve: se tienen que llevar a cabo acciones que protejan efectivamente ésta y otras reservas en la entidad, además de fomentar los trabajos de inventarios de hongos en los diferentes tipos de vegetación presentes en la entidad, así como los estudios relacionados con los usos de los hongos en Guanajuato.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Biólogo Ranulfo Castillo del Moral su importante ayuda en la revisión bibliográfica.



Figura. 1. *Amanita rubescens*, hongo comestible de los bosques de pino, que se caracteriza por mancharse de rojo (fotografía de A. López).



Figura 2. *Amanita vaginata*, hongo comestible del bosque mesófilo de montaña (fotografía de A. López).



Figura 3. *Clitocybe gibba*, que recibe el nombre de clavito o cornetita y que crece en bosques de coníferas (fotografía de A. López).



Figura 4. *Cyptotrama asprata*, hongo de color intenso destructor de la madera (fotografía de A. López).



Figura 5. *Geastrum pectinatum*, Gasteromiceto en froma de estrella, es un hongo saprobio (fotografía de A. López).



Figura 6. *Gomphus flocossus*, especie comestible que recibe el nombre de cornetas, enchilado y que se asocia a los bosques de coníferas (fotografía *de A. López)*.



Figura 7. *Hygrophoropsis aurantiaca*, hongo comestible que crece en bosque de coníferas (fotografía de A. López).



Figura 9. *Lycoperdon perlatum*, hongo comestible pero sólo en estado joven, cuando es de color blanco (fotografía de A. López).



Figura 8. *Lactarius salmonicolor*, especie comestible de bosques de coníferas (fotografía de A. López).



Figura 10. *Leotia chlorocephala*, es un ascomiceto saprobio, común (fotografía de A. López).



Figura 11. *Polyporus tricholoma*, hongo destructor de la madera (fotografía de A. López).

Literatura citada

Bandala, V.M., G. Guzmán y L. Montoya. 1993. "The polypores known from Mexico", en J. Marmolejo, F. Garza-Ocañas (eds.), Contribuciones micológicas en homenaje al Biól. José Castillo Tovar, *Reporte científico*, número especial **13**: 1-55.

——— y L. Montoya. 2004. "*Crepidotus* from Mexico: new records and type Studies", *Mycotaxon* **89**: 1-31.

Carranza, E. 2005. Conocimiento actual de la Flora y la diversidad vegetal del Estado de Guanajuato, México. *Flora del Bajío y regiones adyacentes*, fascículo complementario **21**: 1-23.

Esqueda, M., T. Herrera, E. Pérez-Silva *et al*. 2002. "Distribution of *Battarrea phalloides* in Mexico", *Mycotaxon* **82**: 207-214.

Guzmán, G. y T. Herrera. 1973. "Especies de Macromicetos citadas de México, IV. Gasteromicetos", *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* **7**: 105-119.

———. 1973. "Hongos mexicanos en los herbarios extranjeros, II. Especies del Herbario de Farlow, de la Universidad de Harvard, E.U.A.", *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* **7**: 121-127.

———. 1997. *Los nombres de los Hongos y lo relacionado con ellos en América Latina*. Instituto de Ecología (Inecol)/ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Veracruz.

———. 1998. "Inventorying the fungi of Mexico", *Biodiversity and Conservation* **7**: 369-384.

Hawksworth, D.L. 1991. "The fungal dimension of the biodiversity: magnitude, significance, and conservation", *Mycol. Res*. **95**: 641-655.

Herrera, T. y G. Guzmán.1972. "Especies de macromicetos citadas de México", *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* **6**: 61-92.

Kirk, P.M., P.F. Cannon, J.C. David *et al.* 2001. "Ainsworth & Bisby´s Dictionary of the Fungi", 9ª. ed., CABI Bioscience, Surrey.

Landeros, F., J. Castillo, G. Guzmán *et al.* 2006. "Los hongos (Macromicetos) conocidos en el Cerro el Zamorano (Querétaro-Guanajuato), México", *Revista Mexicana de Micología* **22**: 25-31.

León Gallegos, H. y G.B. Cummins. 1981*a*. *Uredinales (Royas)* de México, vol. I. México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).

——— y G. B. Cummings 1981*b*. *Uredinales (Royas) de México*, vol. II. México, SARH.

Medel, R., G. Guzmán y S. Chacón. 1999. "Especies de macromycetes citados de México IX, Ascomycetes parte III: 1983-1996", *Acta Botánica Mexicana* **46**: 57-72.

———. 2007. "Ascomycetes citados de México IV: 1996-2006", *Revista Mexicana de Micología* **25**: 69-76.

Ogata, N., D. Nestel, V. Rico-Gray, *et al.* 1994. "Los Myxomycetes citados de México", *Acta Botánica Mexicana* **27**: 39-51.

Ojeda-López, S., M.L. Sandoval, y , R. Valenzuela. 1986. "Los Poliporáceos de México, I. Descripción de algunas especies del Noroeste de Guanajuato", *Revista Mexicana de Micología* **2**: 367-436.

Pérez-Silva, E. 1969. "Hongos de Guanajuato, I", *Anales del Instituto de Biología de la UNAM* **40**: 93-104.

Ramírez-López, I. y M. Villegas. 2007. "El conocimiento taxonómico de Geoglossaceae *sensu lato* (Fungi: Ascomycetes) en México con énfasis en la zona centro y sur", *Revista Mexicana de Micología* **25**: 41- 49.

Sarukhán, J. *et al.* 2009. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. México, Conabio.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de Diciembre de 2010.

Valenzuela, R., R. Nava y J. Cifuentes. 1994. "El género *Albatrellus* en México I", *Revista Mexicana de Micología* **10**: 113-152.

Vite Garín, T., J. Villarruel-Ordaz y J. Cifuentes. 2006. "Contribución al conocimiento del género Helvella (Ascomycota, Pezizales) en México: descripción de especies poco conocidas", *Revista Mexicana de Biodiversidad* **77**: 143-151.

Zenteno-Zevada, M. y E. Pérez-Silva. 1977. "Erysiphales conocidos de México", *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* **11**: 155-162.

DIVERSIDAD DE HONGOS DEL SUELO ASOCIADOS AL CULTIVO DEL MAÍZ



Mariano Mendoza Elos | María Guadalupe Figueroa Rivera | Enrique Andrio Enríquez
Francisco Cervantes Ortiz | Raúl Rodríguez Guerra | Alfonso López Benitez

Introducción

En México, el maíz es el cultivo más importante y la base de la alimentación nacional. Los principales estados productores de maíz son Jalisco, Estado de México y Chiapas. Guanajuato ocupa el quinto lugar, y de los 46 municipios que conforman el estado se produce principalmente en Valle de Santiago, seguido de Pénjamo, Abasolo, Acámbaro, Manuel Doblado, Irapuato, Jaral del Progreso, Jérecuaro, León, Purísima, Salvatierra, San Francisco del Rincón y Villagrán (Sagarpa, 2006; Sagarpa, 2007). A nivel nacional, la superficie dedicada al cultivo del maíz presenta pérdidas de alrededor de 30% debido a la falta de humedad para el desarrollo del cultivo (Sagarpa, 2006). Otros factores limitantes en la producción del maíz son la presencia de enfermedades transmitidas por hongos, los cuales pertenecen a la micobiota del suelo y, además, algunos son productores de micotoxinas con efectos nocivos a la salud, como el cáncer en seres humanos (Gallardo *et al.*, 2006). Los hongos productores de estas enfermedades son los géneros *Aspergillus* y *Fusarium* (Navarrete, 1999; Cruz, 2001; Pérez *et al.*, 2001).

Se señala a los hongos del suelo que se encuentran asociados al maíz (CIMMYT, 2004; Samaniego-Gaxíola *y* Chew-Madinaveitia, 2007) del género *Fusarium, Cephalosporium, Rhizoctonia, Aspergillus, Penicillium* y *Verticillium.* Sin embargo, el hongo más identificado en el maíz es del género *Fusarium*, el cual tiene tres características morfológicas distintivas, tales como *a*) macroconidios, curvos pluriseptados con una célula apical más o menos puntiaguda y una célula basal en forma de pie, miden aproximadamente 5 µm; *b*) microconidios, de forma redondeada o de forma de mazo y miden aproximadamente 3 µm, comúnmente poseen de 0 a 1 septa y *c*) clamidosporas, formadas de una pared gruesa y se separa del micelo parental.

Estas últimas se comportan como esporas de resistencia y al restaurarse las condiciones favorables germinan dando lugar a una nueva colonia (Mendoza y Pinto, 1985; Herrera y Ulloa, 1990; Nelson, 1992; Alexopoulos y Mims, 2000).

Cook y Baker (1983), señalan que algunos géneros y especies de hongos del suelo presentan una gran capacidad de adaptación y se encuentran ampliamente distribuidos, mientras que otros presentan características de adaptación más limitadas, o bien, son sumamente especializados, lo que restringe su distribución. Esta capacidad adaptativa de los hongos fitopatógenos del suelo depende en gran medida del grado de relación que han desarrollado con sus plantas hospedantes, es decir, si son parásitos obligados, parásitos facultativos o saprófitos facultativos. El estudio de la diversidad de microorganismos en el suelo ha adquirido importancia por la cantidad de investigaciones, lo que depende en gran parte de la importancia económica y del manejo de las enfermedades de los cultivos o plantas causadas por hongos que habitan en el suelo (Mazzola, 2004; Samaniego-Gaxíola y Chew-Madinaveitia, 2007). No obstante, en el mundo y en México la mayor parte de los estudios han sido enfocados a su biología (ciclo de vida, tipo de reproducción, supervivencia, rango de plantas hospedantes, factores ambientales), la sintomatología y daños que ocasionan en la producción (figuras 1 y 2), formas de control y, en algunos casos, su distribución geográfica (Samaniego-Gaxíola y Chew-Madinaveitia, 2007). En este estudio de caso se presenta una síntesis del estudio de la biodiversidad de hongos del suelo asociado al cultivo de maíz, y tiene como objetivo identificar los índices de diversidad de los géneros de hongos de 15 municipios productores de maíz del estado de Guanajuato.

Mendoza Elos, M., M. G. Figueroa-Rivera, E. Andrio-Enríquez, *et al.* 2012. “Diversidad de hongos del suelo asociados al cultivo del maíz” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 78-82.



Figura 1. Daño por *Fusarium* spp. en maíz a nivel plántula (fotografía de Mariano Mendoza Elos).



Figura 2. Daño a la calidad del grano y semilla de maíz por *Fusarium* sp. (fotografía de Mariano Mendoza Elos).

Metodología

El trabajo se desarrolló en el Instituto Tecnológico de Roque e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Celaya, durante 2006 y 2007. Al momento de la cosecha del maíz correspondiente a 2006 fueron recolectadas plantas con evidentes daños por pudrición, a partir de cinco muestras tomadas al azar en un área de cinco surcos de 10 m de largo dentro de cada parcela, de 15 campos productores de maíz, ubicados en el estado de Guanajuato, en los municipios de Dolores Hidalgo, San Miguel de Allende, Comonfort, Apaseo el Alto, Villagrán, Juventino Rosas, Cortazar, Salvatierra, Abasolo, Jaral del Progreso, Valle de Santiago, Pénjamo, Irapuato, León y Silao.

Para el aislamiento de las cepas se tomaron cinco fragmentos de cada tallo, se incubaron a temperatura ambiente (22-25 °C) en laboratorio, las colonias fueron observadas microscópicamente para identificar al género *Fusarium* (Barnett y Hunter, 1998). Los cultivos monoconidiales se preservaron (Montiel-González *et al.*, 2005) y la ubicación taxonómica se basó en las claves de Nelson *et al.* (1983) y Leslie y Summerell (2006).

Resultados

Se obtuvieron un total de 375 plantas de maíz, resultado del muestreo realizado a los 15 campos de producción, las cuales fueron utilizadas para la identificación de las especies. En total se obtuvieron 356 cepas de los fragmentos de las plantas de maíz con evidentes daños ocasionados por el hongo. Se identificaron 158 cepas de diferentes géneros de hongos y 198 cepas correspondientes al género *Fusarium*. En todos los municipios muestreados se encontró la especie de *F. subglutinans*, huésped dominante del maíz (Mego *et al.*, 2004). Enseguida se ubica el género *Cephalosporium* con presencia en 10 municipios y posteriormente el género *Alternaria*. Dentro del género *Fusarium* también sobresale la especie *F. verticillioides*, y posteriormente *F. esquiseti* con presencia en cinco municipios, esta última especie también fue identificada y reportada por Villalobos *et al.* (2003); al respecto Summerell *et al.* (2003) afirman que este género es considerado como saprofito (cuadro 1).

Respecto al género *Fusarium*, considerado como el más agresivo para el cultivo del maíz, el municipio con menor diversidad de este género fue León, con sólo una especie. Dentro de las tres especies más frecuentemente encontradas, *F. heterosporum* sólo está presente en los municipios del sur de Guanajuato, en cambio *F.*

Cuadro 1. Resumen de cepas identificadas en parcelas de producción de maíz durante el 2006 y 2007 en el estado de Guanajuato.

Lote	Municipio	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Ñ	O	P	Q	R	S	T	U
1	Dolores Hidalgo	3	13		1				7	1	1	1	1	2									
2	S. M. de Allende	16	13		2		1			8	5			1	4	1		2	1	1			
3	Comonfort	8	2			3			6	1	1												
4	Apaseo el Grande	7							12			1									4		
5	Villagran	2		9				1		9							6						
6	Juventino Rosas	6	5			2		2	9								1					2	
7	Cortazar	11							9		1		1										
8	Salvatierra	4																					
9	Abasolo	1		9								2						2					
10	Jaral del Progreso	4	1		2				2		4	1	1	4									
11	Valle de Santiago	8	1		1		1		3		2			1			2						
12	Pénjamo	12	1	2							1			2									
13	Irapuato	7					1		2		1												
14	León	2							4		1			2									2
15	Silao	4			1			2	1			1		1			1						
Total		95	36	20	7	5	3	5	55	19	17	6	3	13	4	1	10	4	1	1	4	2	2

(A) *Fusarium subglutinans*, (B) *Fusarium verticillioides*, (C) *Fusarium heterosporum*, (D) *Fusarium esquiseti*, (E) *Fusarium proliferatum*, (F) *Fusarium reticulatum*, (G) *Fusarium* sp, (H) *Cephalosporium*, (I) *Nigrospora*, (J) *Alternaria*, (K) *Peyronellaea*, (L) *Rhizopus*, (M) *Epicoccum*, (N) *Haplosporella* (picnidio c/cuello largo), (Ñ) *Penicillium*, (O) *Rhizoctonia*, (P) *Heminthosporium*, (Q) *Cladosporium*, (R) Sphaeropsidales (*Phoma* o *Phytosticta*), (S) *Trichoderma*, (T) *Sclerotium rolfsii*, (U) *Candida*.

subglutinans y *F. verticillioides* están presentes tanto en los municipios del norte como del centro y sur del estado, lo cual indica una mayor recombinación genética de este patógeno en estos suelos agrícolas de Guanajuato. En este sentido, las especies del género *Fusarium* identificadas en este trabajo coinciden con las reportadas en trabajos similares al de Morales (2007), quien reporta varias cepas de *Fusarium* asociados al cultivo de maíz del Estado de México (Texcoco), de entre los cuales se identificaron a *F. subglutinans* y *F. verticillioides*. De igual manera Mego *et al.* (2004) reportaron *F. subglutinans* y *F. verticillioides* como las más ampliamente distribuidas en todas las áreas maiceras del mundo, y son consideradas con mayor capacidad patogénica. Otro aporte lo realizan Figueroa-Rivera *et al.* (2010) quienes concluyen que *F. subglutinans* fue la más abundante y la más patogénica, junto con *F. verticillioides*, al inocular a 13 razas de maíz.

Los municipios que presentaron mayor diversidad de hongos fueron San Miguel de Allende, Dolores Hidalgo, Jaral del Progreso y Valle de Santiago. El municipio con menor biodiversidad de géneros fue Salvatierra.

Las cepas *Cephalosporium*, *Nigrospora*, *Alternaria*, *Epicoccum*, *Rhizoctonia* tuvieron mayor diversidad en los suelos agrícolas de los 15 municipios de Guanajuato. *Penicillium*, mostró un

micelio oscuro y esporas con células múltiples, resultados semejantes a Samaniego-Gaxiola y Chew-Madinaveitia (2007), quienes identificaron características semejantes a este hongo, el cual se presentó sólo en San Miguel de Allende (cuadro 1). Las cepas de *Cladosporium,* Sphaeropsidales *(Phoma o Phytosticta), Sclerotium rolfsii, Candida, Trichoderma*, únicamente se presentaron en un municipio (cuadro 1). Por lo anterior se asume que la estructura de las comunidades de hongos en el suelo es afectada por el microhábitat, que se encuentra en los suelos agrícolas, y a la vegetación dominante. Samaniego-Gaxiola y Chew-Madinaveitia (2007) mencionan que la incorporación de materia orgánica es importante en los suelos agrícolas, ya que dicha actividad constituye la forma de enriquecer estos suelos y en consecuencia favorecer el incremento en la presencia y actividad de organismos antagónicos a los diversos hongos fitopatógenos de mayor importancia, o bien incorporando directamente poblaciones del inóculo de organismos antagónicos como son *Trichoderma, Gliocadium, Pseudomonas, Sporidesmium. Trichoderma*, por ejemplo, es un género cuyas especies pueden parasitar o ejercer otros efectos antagónicos sobre algunos hongos fitopatógenos, incluyendo *Phymatotrichopsis* y *Rhizoctonia* (Samaniego-Gaxiola Chew-Madinaveitia, 2007).

Conclusiones

Se encontraron un total de 356 cepas en los 15 campos de producción de maíz en el estado. El género de mayor importancia por el numero de cepas identificadas fue *Fusarium*, con 198, seguido por el género *Cephalosporium*. 158 cepas pertenecen a otros 15 géneros, 43 cepas no fue posible ubicarlas por falta en la definición de sus estructuras. *F. subglutinans* fue la única especie que se encontró en todos los municipios en estudio. En las localidades de Dolores Hidalgo, San Miguel de Allende, Jaral del Progreso y Valle de Santiago se encontró la mayor diversidad genética de géneros (cuadro 1).

Literatura citada

Alexopoulos, C.J y W.C. Mims. 2000. *Introducción a la micología*. Barcelona, Omega.

Barnett, H.L. y B.B. Hunter. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. St. Paul, Minnesota, The American Phytopathological Society.

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 2004. *Maize Diseases: A Guide for Field Identification*. México.

Cook, R.J. y K.F. Baker. 1983. *The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens*. St. Paul, Minnesota, The American Phytopathological Society, Paul.

Cruz, C.L. 2001. *Incidencia de pudrición de raíz causada por hongos en maíz y trigo en parcelas de labranza de conservación*. México, Universidad Autónoma de Chapingo (UACH), Departamento de Parasitología Agrícola.

Figueroa-Rivera, M.G., R. Rodríguez, B.Z. Guerrero *et al.* 2010. "Caracterización de especies de *Fusarium* asociadas a la pudrición de la raíz de maíz en el estado de Guanajuato, México", *Revista Mexicana de Fitopatología* 2: 124-134.

Gallardo, R.E., M.D. Ibarra, G. Macrina *et al.* 2006. "Micobiota de maíz (*Zea mays* L.) recién cosechado y producción de Fumonisina B1 por Cepas de *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nireb.", *Revista Mexicana de Fitopatología* 24: 27-34.

Herrera, T. y M. Ulloa. 1990. *El Reino de los Hongos*. México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Leslie, J.F. y B.A. Summerell. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blacwen.

Mazzola, M. 2004. "Assessment and management of soil microbial community structure for disease suppression", *Annual Review of Phytopathology* 42: 35-59.

Mego, N., G.A Lori, J. Iglesias *et al.* 2004. "Identificación de Fusarium spp (Sección *LISEOLA*) aisladas de maíz en regiones templadas y subtropicales en Argentina". Actas del VIII Congreso Nacional de maíz. Bolsa de Cereales, Rosario, Santa Fe, Argentina.

Mendoza, Z.C. y C.B. Pinto. 1985. *Principios de Fitopatología y enfermedades causadas por hongos*. México, UACH.

Montiel-González, L., B.M. Guzmán-Rivera, S. Gámez-Vázquez *et al.* 2005. "Especies de *Fusarium* (Link) presentes en raíces de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con daños de pudriciones en cinco estados del centro de México", *Revista Mexicana de Fitopatología* **23**: 1-10.

Morales, R.I. 2007. "Biodiversity of *Fusarium* species in Mexico associated with ear rot in maize, and their identification using a phylogenetic approach", *Mycopatologia* **163**: 31-30.

Navarrete, M.R. 1999. Curso "Enfermedades de cereales". Colegio de Posgraduados.

Nelson, P.E., T.A Toussoun, y W.F.O Marasas. 1983. Fusarium *species: An illustrated manual for identification*. The Pennsylvania State University, University Park.

——— 1992. "Taxonomy and biology of *Fusarium moniliforme", Mycopathology* **117**: 29-36.

Pérez, B.D, D. Jeffers, González de León *et al.* 2001. "Cartografía de QTL de la Resistencia a la pudrición de la mazorca (*Fusarium moniliforme*) en maíz de valles altos, México", *Agrociencia* **35**: 181-196.

Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2006. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera, Anuario estadístico, *http://www.sia.gob.mx*, última consulta 15 de abril de 2008.

———. 2007. Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta, Anuario Estadístico de Producción Agrícola.

Samaniego-Gaxiola, J.A. y Y. Chew-Madinaveitia. 2007. "Diversidad de géneros de hongos del suelo en tres campos con diferente condición agrícola en La Laguna, México", *Revista Mexicana de Biodiversidad* **78**: 383-390.

Summerell, B.A., S. Baharuddin y F.J. Leslie. 2003. "A utilitarian approach to *Fusarium* identification. The American psychopathological society", *Plant Disease* **2**: 117-128.

Villalobos, B.C.M., J.O.A. Martínez y G.R.H. Morales. 2003. "Contaminación con hongos en maíz recién cosechado en el estado de Guanajuato durante el año 2003". VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Guanajuato.

DIVERSIDAD DE CEPAS DEL HONGO PATÓGENO DE INSECTOS *Metarhizium anisopliae*



Juan Carlos Torres Guzmán | Eduardo Salazar Solís | Mónica García Esquivel | Gloria Angélica González Hernández

Introducción

El control de plagas en la agricultura puede ser realizado mediante biopesticidas, como es el caso del hongo patógeno de insectos *Metarhizium anisopliae*. Considerando que los mejores biopesticidas son los organismos originarios de la región donde se aplican y que entre los individuos de una misma especie existen polimorfismos, es importante analizar la diversidad de cepas con alto potencial de uso en el control biológico de plagas. Esta diversidad puede ser analizada con distintos enfoques como las características morfológicas y fisiológicas, las características bioquímicas (estudiando el perfil de isoenzimas) y la diversidad en las características genéticas. El conjunto de estas herramientas permiten conocer la biodiversidad e identificar a cada una de las cepas en estudio y explotación para el control de plagas e, incluso, relacionarlas con su origen geográfico.

Cómo resolver el problema de los insectos, plaga en la agricultura moderna

La supervivencia de la humanidad depende en buena medida de las actividades agrícolas. Sin embargo, las pérdidas agrícolas debidas al ataque de plagas y enfermedades durante las etapas de pre y postcosecha son considerables. Las plagas y enfermedades son un problema que inició con la agricultura misma, debido a que se destinan grandes extensiones de tierra a los monocultivos, modificando el equilibrio ecológico natural.

La región del Bajío constituye una de las zonas agrícolas más importantes del país debido a las características de sus suelos y del clima templado, que permiten el desarrollo de más de 60 cultivos diferentes, con rendimientos que superan marcas internacionales en la producción de sorgo, trigo y brócoli (Inegi, 1991, 2007). Sin embargo, dichos cultivos se enfrentan a grandes pérdidas ocasionadas por las plagas, entre otros factores; poniendo en peligro la supervivencia de los productores agrícolas y de las empacadoras en el estado. En el cultivo de crucíferas, de gran importancia en el Bajío y número uno en el país, los insectos plaga, como la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) y el gusano falso medidor (*Trichoplusia ni*), constituyen el principal problema (Barrios Diaz *et al*., 2004). Otra plaga importante en el Bajío, y en todo el país, es el complejo gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), que en el Bajío está constituida principalmente por *P. ravida*, la cual empobrece los suelos, abatiendo el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Marín-Jarillo, 2001). Por lo anterior, el combate de plagas y enfermedades sigue siendo un punto crítico que representa hasta un 20% del costo de producción (Serrano-Carreón y Galindo-Fentanes, 2007).

Para controlar las plagas se utilizan intensamente pesticidas químicos debido a su uniformidad y rápida acción, facilidad de aplicación, manejo y relativa larga vida útil (Badii *et al*., 2000). Sin embargo, los efectos negativos colaterales derivados de su uso, tales como el daño a todos los organismos que entran en contacto con éstos, incluyendo al ser humano, y la resistencia a los pesticidas por parte de las plagas ha propiciado el incremento en la preocupación mundial por la calidad del ambiente y la salud humana, enfatizando la búsqueda y uso de estrategias alternativas amables con el ambiente para el control de plagas. Entre las alternativas a los plaguicidas químicos está justamente el control biológico (CB) (Torres-Guzmán *et al*., 2008), definido como el uso deliberado de patógenos de insectos para el control de las plagas (Hajek, 2004). A estos patógenos de insectos se les denomina "organismos benéficos" o "biopesticidas". En los últimos años se han obtenido resul-

Torres Guzmán, J. C., E. Salazar-Solís, M. García-Esquivel, *et al.* 2012. "Diversidad de cepas del hongo patógeno de insectos *Metarhizium anisopliae*" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 83-89.

tados óptimos con el uso de hongos biopesticidas para el control de plagas agrícolas en diferentes partes del mundo, incluyendo México (Hajek, 2004; Tamez Guerra *et al*., 2001).

Basándose en la problemática particular del Bajío, el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (Cesaveg), en convenio con la Universidad de Guanajuato, producen masivamente organismos benéficos en el Laboratorio de Producción de Organismos Benéficos (Laprob), entre ellos los hongos *Metarhizium anisopliae, Beauveria bassiana y Lecanicillium lecani*i, entre otros, usados en el CB de plagas de la región. El Cevaseg mantiene un programa de Manejo integrado de plagas, que incluye el CB, controlando de este modo a distintas plagas, como la de suelo *P. ravida*, a la chinche café de sorgo, al chapulín y la mosquita blanca, obteniéndose buenos resultados. Adicionalmente, otros estados como Sinaloa, Michoacán y Sonora han empleado con éxito los organismos benéficos producidos en este laboratorio.

Metarhizium anisopliae es un hongo patógeno de insectos usado en el CB en la agricultura y ganadería. Este hongo ha sido aislado de suelos e insectos infectados en todo el mundo, excepto en la Antártida (Roberts y Leger, 2004) y cada uno de los más de 200 aislados particulares de cada región, reconocen, enferman y matan a un número reducido de especies de insectos, de manera que, sumando a todos los hospederos, podemos decir que *M. anisopliae* reconoce más de 300 especies de insectos hospederos (Clarkson y Charnley, 1996). Por lo que surge la pregunta: ¿cuál es la razón por la que cada aislado de *M. anisopliae* reconoce un rango pequeño de hospederos? ¿Por qué, por ejemplo, el aislado CAR019 es tan bueno para matar a la palomilla dorso de diamante y le es muy difícil matar a la gallina ciega y, en cambio, el aislado CAR04 es muy eficiente en infectar y matar a la gallina ciega pero no es tan eficiente contra la palomilla dorso de diamante? Indudablemente la respuesta está en sus genes y, por tanto, en la biodiversidad que puede representar.

¿Qué es la diversidad?

Los estudios de genética de poblaciones nos dicen que existe variación genética entre los individuos de una misma especie (polimorfismo), la cual puede ser la suma de las variaciones debidas a: la reproducción sexual, la cual favorece la recombinación de genomas entre los individuos de la misma especie (en caso de que ésta sea el mecanismo de reproducción); las mutaciones espontáneas o inducidas por factores ambientales (estas mutaciones o cambios en la secuencia del ADN pueden ser puntuales, es decir, el cambio de una base por otra, y eliminación o inserción de segmentos de ADN); la transferencia horizontal de genes (cuando un organismo recibe ADN de otro por mecanismos diferentes de la reproducción sexual), y la selección natural (Griffiths *et al*., 2008). La genética evolutiva, basada en las teorías de Darwin, nos dice que la población de una especie particular en un momento dado incluye individuos con características diferentes. De manera que la población de la siguiente generación de esa especie contendrá una alta frecuencia de aquellos tipos más exitosos en sobrevivir y reproducirse bajo las condiciones ambientales existentes (selección natural) (Griffiths *et al*., 2008).

Por lo anterior cabe esperar que entre los distintos aislados de hongos entomopatógenos (patógenos de insectos) con potencial de ser usados en el control biológico (CB) de plagas, existan variaciones genéticas aunque pertenezcan a una misma especie, y que algunas de estas variaciones puedan estar implicadas en apoyar la reproducción y a sobrevivir con éxito en el ambiente particular al que están adaptados, reconociendo con eficiencia a sus posibles insectos hospederos, también habitantes nativos de la misma región. Este razonamiento es el que ha llevado a considerar que los mejores “biopesticidas” para ser usados en el CB de plagas de insectos, son los entomopatógenos nativos de la región de interés (Gilliespie, 1988).

Importancia de analizar la diversidad de patógenos de insectos

Si los mejores biopesticidas son los patógenos de las plagas nativas de la región, es crítico analizar la diversidad entre los aislados de *M. anisopliae* para identificarlos adecuadamente mediante su estudio sistemático en el laboratorio,

lo que conduzca a la selección del mejor biopesticida para el CB de una plaga particular, el mejoramiento del biopesticida, y el establecimiento de parámetros de calidad que permitan asegurar la identidad y eficiencia del biopesticida en la producción masiva a nivel industrial o semi-industrial y su posterior empleo en el campo. Esta biodiversidad ha sido analizada en varios entomopatógenos como *Beauveria bassiana* (Aquino de Muro *et al.*, 2003; Wang, *et al.*, 2003), *Pandora neoaphidis* (Tymon *et al.*, 2004), en el propio *Metarhizium* (Bidochka *et al.*, 2001; Pantou *et al.*, 2003), entre otros.

En nuestro laboratorio (Genética Molecular de Hongos, del Departamento de Biología de la Universidad de Guanajuato) se analizó la diversidad de algunos aislados de *M. anisopliae* seleccionados por su eficiencia como biopesticidas. Se emplearon aisl ados mexicanos (CAR04, originario de Guanajuato, eficiente contra plagas de suelo, y los aislados CAR07, CAR012 y CAR019, provenientes del estado de Colima, eficientes para el control de plagas de follaje) y algunos aislados originarios del sur del continente americano (Brasil) utilizados en el control de la garrapata del ganado vacuno *Boophilus microplus*.

Cómo determinar la biodiversidad de patógenos de insectos

En la literatura se han descrito diversas herramientas para establecer las características de un aislado particular que permita su identificación. Estos estudios pueden incluir la caracterización taxonómica clásica, la determinación de las características bioquímicas típicas (en el caso de entomopatógenos, marcadores enzimáticos de patogenicidad) y las características genéticas (Lacey, 1997; Tortora *et al.*, 2007).

Características morfológicas

La taxonomía clásica de hongos se basa en las características morfológicas, por ejemplo, de las estructuras de reproducción (Lacey, 1997; Tortora *et al.*, 2007). Esta herramienta es una primera aproximación para identificar organismos de un mismo género y en ocasiones puede ser útil para identificar la especie. Por ejemplo, en el estudio de *Entomophthorales*, hongos patógenos de plagas, el análisis de la morfología de las conidias condujo a la identificación de las especies *E. aphidis, E. planchoniana y E. thaxteriana* quienes parasitan homópteros, *E. sphaerosperma* patógeno de lepidópteros y *E. grylli*, patógeno de ortópteros (Aruta *et al.*, 1974).

En la figura 1a se muestra la morfología típica de los conidios de *M. anisopliae*, los cuales son células cilíndricas de > 9 µm de longitud con un ligero adelgazamiento central, formando cadenas laterales muy largas y que en masa tienen una coloración verde olivo y de aspecto polvoso (figura 1b). Los conidios de todos los aislados de esta especie tienen exactamente la misma morfología, por lo que esta característica, además de su capacidad de infectar y matar insectos (figura 1c, muestra una larva de *Plutella xylostella* sana y una infectada por *M. anisopliae*), permite concluir que son rasgos distintivos de *M. anisopliae* y que los aislados en estudio corresponden a este hongo.

Características bioquímicas; proteasas extracelulares como parámetro de diversidad

Las isoenzimas son proteínas con la misma actividad bioquímica pero con peso molecular diferente, por lo que desde su descubrimiento se convirtieron en una buena herramienta como marcadores bioquímicos, más eficientes que los morfológicos, siendo un método adecuado para la caracterización de la diversidad y de relativo bajo costo. Cabe mencionar que una de sus desventajas es que en algunos casos el polimorfismo para ciertos sistemas isoenzimáticos es bajo.

Con la finalidad de conocer la diversidad en aislados de *Beauveria bassiana* (Tigano y Riba, 1990) y *Metarhizium anisopliae* (Riba *et al.*, 1986) entre otras cepas de hongos entomopatógenos, se han realizado estudios de sistemas isoenzimáticos.

Para realizar este tipo de estudios es importante elegir una actividad bioquímica sencilla de medir, que además sea característica del organismo en cuestión. En este sentido se ha descrito que *M. anisopliae* secreta proteasas, entre otras enzimas, para iniciar la penetración de la cutícula (estructura rígida externa del insecto) (Clarkson y Charnley, 1996). Las proteasas secre-

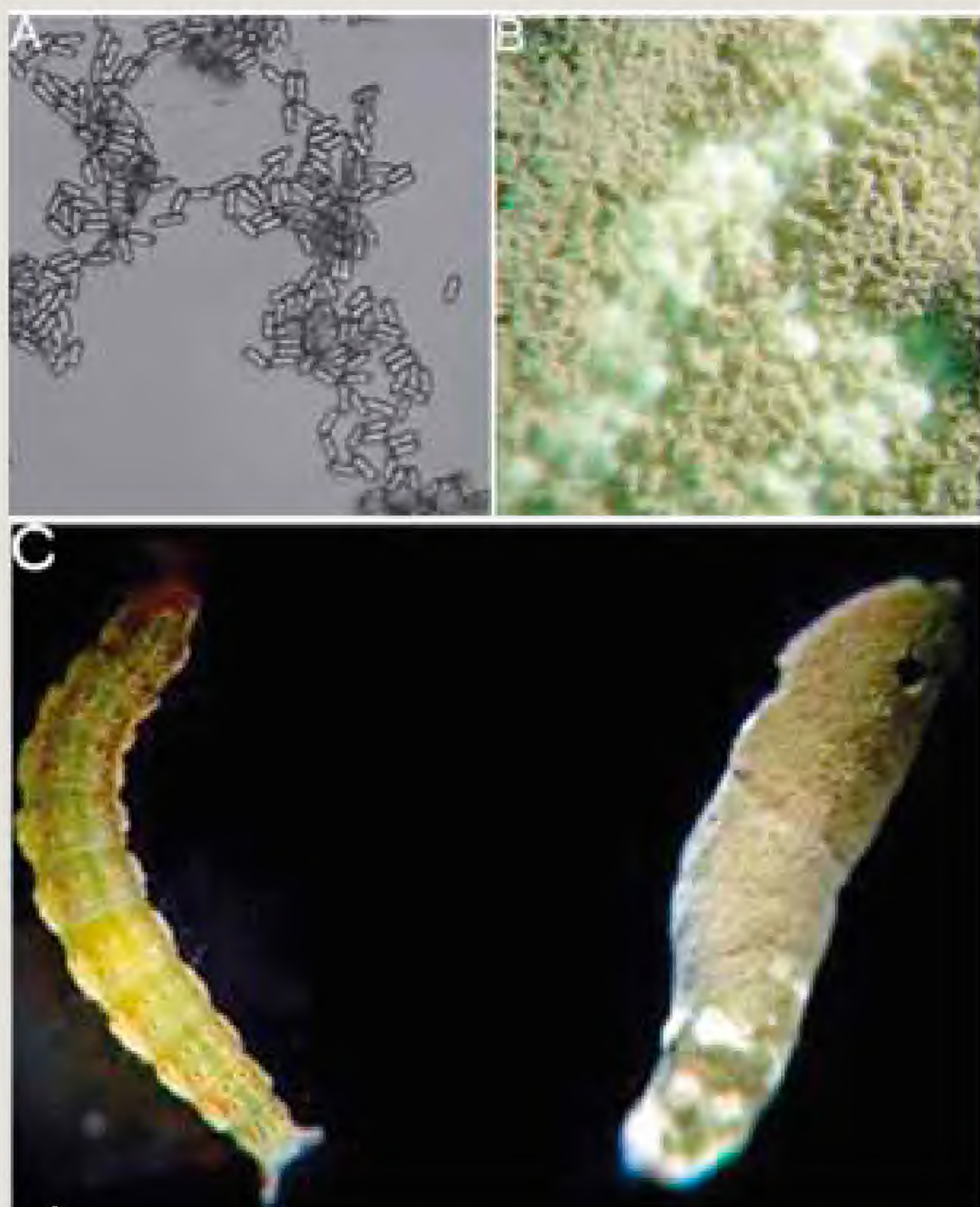


Figura 1. Características de la cepa CARO19 de *M. anisopliae*. *a*) Conidios vistos al microscopio óptico, amplificación 40X. *b*) Aspecto de la colonia del hongo. *c*) *Plutella xylostella*; una larva sana y otra muerta a causa de la infección de *M. anisopliae*. Imágenes propiedad del Laboratorio de Genética Molecular de Hongos, Universidad de Guanajuato.

tadas por el hongo son proteínas que degradan a las proteínas fibrilares (proteínas rígidas) presentes en la cutícula del insecto. Estas enzimas son importantes, ya que mediante métodos genéticos se puede promover que el hongo produzca y secrete una mayor cantidad de proteasa, tornando a este patógeno más virulento y matando más rápido a los insectos infectados (St. Leger *et al*., 1996). Se ha descrito que *M. anisopliae* produce más de seis proteasas extracelulares, cada una de tamaño diferente, por lo que es interesante analizar si el grupo de proteasas secretadas por cada aislado difieren entre sí, lo que ayudaría a la identificación del aislado particular. Para ello las proteínas secretadas por los distintos aislados se separaron por tamaño en una malla de acrilamida denominada gel y se revelaron sólo las proteínas con actividad de proteasa. Los aislados mexicanos mostraron entre ellos el mismo patrón de bandas con actividad de proteasa, independientemente de si provienen del estado de Guanajuato o del de Colima (figura 2 carriles 1 y 2). Por su parte, los aislados brasileños también mostraron entre ellos un patrón similar de bandas con actividad de proteasas (figura 2, carriles 3 y 4), siendo claramente diferente el patrón de bandas con actividad de proteasa de los aislados mexicanos del observado en los aislados brasileños (figura 2, comparar carriles 1 y 2 *vs* 3 y 4). En conclusión, en este caso la diversidad del sistema de isoenzimas con actividad de proteasa sirvió para identificar el origen geográfico de los aislados pero no fue lo suficientemente fino como para establecer diferencias entre aislados del mismo país o del mismo estado.

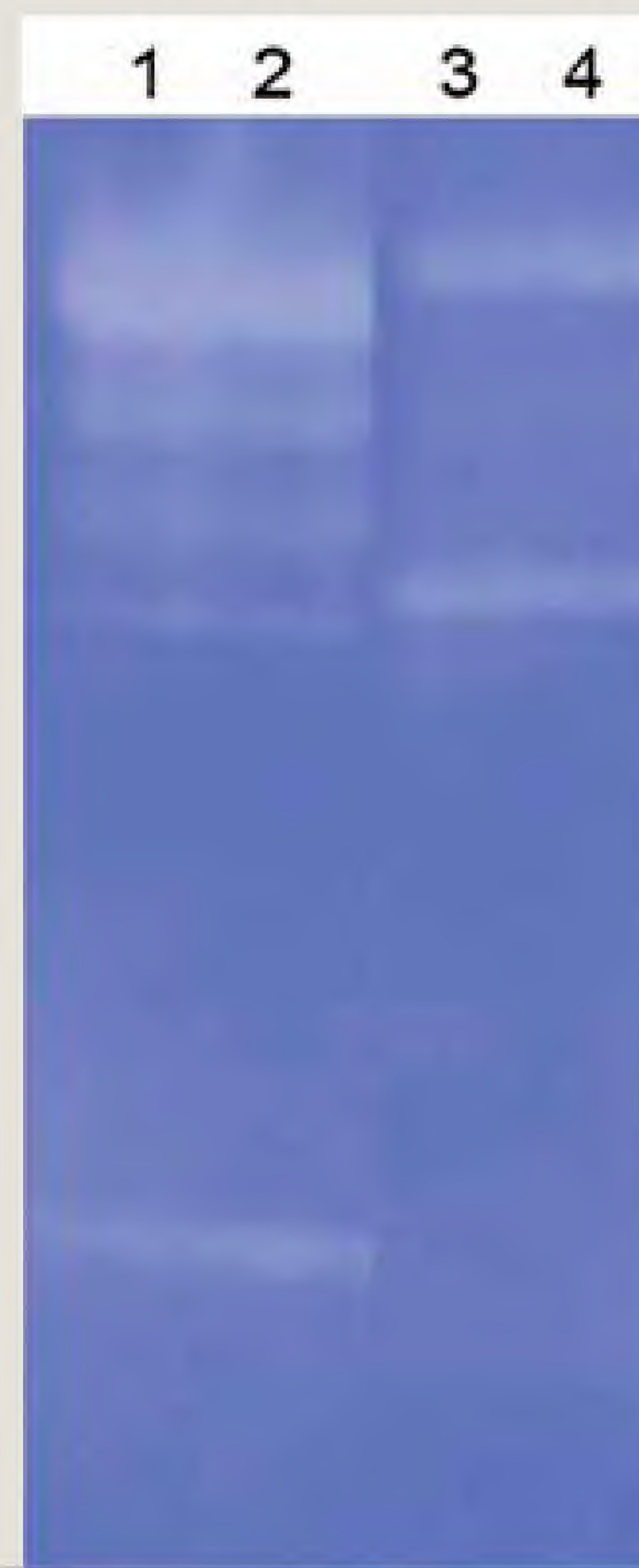


Figura 2. Sistema isoenzimático de proteasas secretadas por *M. anisopliae*. Las proteínas secretadas por los distintos aislados se separaron mediante electroforesis y se reveló la actividad de proteasas. Carril 1, CARO4; carril 2, CARO19, carril 3, EG51; carril 4, CG33. Aislados mexicanos CARO4 y CARO19, aislados brasileños EG51 y CG33. Imágenes propiedad del Laboratorio de Genética molecular de Hongos, Universidad de Guanajuato.

Características genéticas: polimorfismo del gen PR1A

Otra estrategia que complementa la anterior, es investigar la diversidad del material genético de los individuos o aislados de un género y especie. En este aspecto, la genética molecular ha tenido un impacto muy fuerte gracias al potencial de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), mediante la cual es posible rescatar y analizar un fragmento específico de ADN, facilitando el estudio de la variabilidad del genoma. Teniendo como fundamento a la PCR se han desarrollado varias metodologías que permiten establecer una "huella genética" que hace posible conocer la variabilidad genética en un grupo de cepas y la identificación de cada una de ellas. Una de estas técnicas se denomina RAPDS (polimorfismo de fragmentos de ADN amplificados al azar), la cual se basa en la comparación del patrón de amplificación de fragmentos del genoma y se ha utilizado para estudiar la diversidad genética en cepas de los patógenos de insectos *Beauveria bassiana* (Maurer *et al*., 1997) y *Metarhizium anisopliae* (Bidochka *et al*., 2001), en cepas del patógeno de plantas *Fusarium oxysporum* (Paavanen-Huhtala *et al*., 1999), para establecer las relaciones genéticas entre especies de los patógenos de plantas *Typhula* y *Mycospaherella* (Hsiang y Wu 2000; Carnegie *et al*., 2001), entre otros. La amplificación de secuencias repetidas del genoma conocidas como minisatélites, ha permitido establecer la huella genética de individuos en varias especies; por ejemplo en análisis forenses de humanos y medicina legal (Jeffreys *et al*., 1991), así como en el patógeno de plantas *Gremmeniella abietina* (Hantula y Müller, 1997).

Otra alternativa es analizar la biodiversidad genética de las cepas con base en un gen específico. En particular seleccionamos el gen PR1A, que codifica para la proteasa mayoritaria secretada por el hongo *M. anisopliae* durante la infección de su hospedero. El análisis de las secuencias obtenidas, en comparación con la secuencia previamente descrita del gen PR1A (número de acceso AJ416688, *http://www.ebi.ac.uk)* de la cepa ARSEF820, mostró que hay diversidad genética entre cada uno de los aislados estudiados de *M. anisopliae*, indicando que cada aislado estudiado representa una cepa distinta y sugiere que el análisis de la secuencia del gen PR1A es suficiente para identificar a cada una de las cepas (García Esquivel, 2003). Recordemos que una cepa puede representar a un grupo de aislados que tienen el mismo genotipo.

En resumen, el uso de técnicas que nos permiten conocer las características morfológicas (principalmente conidios), características fisiológicas (su habilidad para reconocer y matar un hospedero), bioquímicas (perfil de isoenzimas como las proteasas) y genéticas (secuencia de genes específicos o polimorfismos en segmentos del genoma) permite determinar la biodiversidad en *M. anisopliae*. El conocimiento de esta diversidad permite definir las cepas distintas presentes en los aislados en estudio, e identificar a cada una de ellas.

Conclusiones

Si se considera que la mejor forma de solucionar el problema de las plagas es mediante el restablecimiento del equilibrio perdido, de manera que las especies que se transforman en plaga tengan enemigos naturales que controlen su número, es evidente que se requiere conocer más profundamente la biología de las especies involucradas (patógeno y hospedero), así como la estructura de las comunidades afectadas y su biodiversidad. *Metarhizium anisopliae* es uno de los hongos patógenos de insectos mejor conocidos y con alto potencial para usarse en el control de ciertas plagas. Este potencial puede ser debido, en parte, a la diversidad genética entre las cepas del hongo.

Cada una de las herramientas empleadas para analizar la biodiversidad de microorganismos de la misma especie proporciona información valiosa, y el análisis de etiquetas genéticas, como el gen PR1A, parece ser suficiente para la identificación inequívoca de las distintas cepas. Estas herramientas pueden ser utilizadas con confiabilidad para que además de conocer la diversidad del hongo de interés se pueda garantizar la identidad de las cepas que estén en producción industrial para ser usadas en el CB de plagas o en los estudios con la finalidad de generar información relevante del proceso patogénico del hongo, que permita, a su vez y mediante manipulación genética, generar nuevas cepas más eficientes en el CB de plagas.

Para establecer si la diversidad genética observada en el gen PR1A pudiera estar relacionada con la capacidad de reconocer al hospedero específico o a la virulencia de cada cepa, sería necesario hacer estudios manipulando genéticamente los variantes de este gen para evaluar su papel en el proceso patogénico.

Literatura citada

Aquino de Muro, M., S. Mehta y D. Moore. 2003. "The use of amplified fragment length polymorphism for molecular analysis of *Beauveria bassiana* isolates from Kenya and other countries, and their correlation with host and geographical origin". FEMS *Microbiology Letters*, **229**: 249-257.

Aruta, M.C., L.R. Carrillo y M.S. González. 1974. "Determinación para chile de hongos entomopatógenos del género *Entomophthora*. I", Agro Sur, **2**: 62-70.

Badii, M.H., A.E. Flores y L.J. Galán Wong. 2000. *Fundamentos y perspectivas del Control Biológico*. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).

Barrios Diaz, B., R. Alatorre Rosas, H.G. Calyecac Cortero *et al.* 2004. Identificación y fluctuación poblacional de plagas de col (*Brassica oleracea* var. *capitata*) y sus enemigos naturales en Acatzingo Puebla, *Agrociencia* **2**: 239-248.

Bidochka, M., A.M. Kamp, M. Lavender *et al.* 2001. "Habitat association in two genetic groups of the insect-pathogenic fungus Metarhizium anisopliae: uncovering cryptic species?", *Applied Environmental Microbiology* **67**: 1335-1342.

Carnegie, A.J., P.K. Ades y R. Ford. 2001. "The use of RAPD-PCR analysis for the differentiation of *Mycosphaerella* species from *Eucalyptus* in Australia", *Mycological Research* **105**: 1313-1320.

Clarkson, J.M. y A.K. Charnley. 1996. "New insights into the mechanisms of fungal pathogenesis in insects". *Trends in Microbiology* **4**: 197-203.

García-Esquivel, M. 2003. *Análisis comparativo de cepas mexicanas y brasileñas del hongo entomopatógeno Metarhizium anisopliae a nivel genético y bioquímico*, tesis de licenciatura. Michoacán, Instituto Tecnológico de Morelia.

Gillespie, A.T. 1988. *Fungi in Biological Control Systems*. Burge, M.N. (ed.), Inglaterra, Manchester University Press.

Griffiths, A.J.F., S.R. Wessler, R.C. Lewontin *et al.* 2008. "Mutation, variation and evolution", en *Introduction to Genetic Analysis*, 9ª ed., New York, Freeman y Company, pp. 487-679.

Hajek, A. 2004. *Natural enemies. An introduction to biological control*, Nueva York, Cambridge University Press.

Hantula, J. y M.M. Müller. 1997. "Variation within *Gremmeniella abietina* in Finland and other countries as determined by random amplified microsatellites (RAMS)", *Mycological Research* **101**: 169-175.

Hsiang, T. y C. Wu. 2000. "Genetic relationships of pathogenic *Typhula* species assessed by RAPD, ITS-RFLP and ITS sequencing", *Mycological Research* **104**: 16-22.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 1991. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal, en *http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/ca1991/resultados_agricola/default/aspx*,

———. 2007. VII Censo Agrícola y Ganadero, en *http://inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/ca2007/resultados_agricola/default.aspx*.

Jeffreys, A.J., A. MacLeod, K. Tamaki *et al.* 1991. "Minisatellite repeat coding as a digital approach to DNA typing", *Nature* **354**: 204-209 .

Lacey, L. 1997. *Manual of techniques in Insect Pathology*. San Diego, Academic Press.

Marín-Jarillo, A. 2001. "Abundancia del complejo 'gallina ciega' (Coleóptera:Melolonthidae) asociado al cultivo de maíz en el centro de México" *Agricultura Técnica en México*, **2**: 119-131.

Maurer, P., Y. Couteaudier, P.A. Girard *et al.* 1997. "Genetic diversity of *Beauveria bassiana* and relatedness to host insect range", *Mycological Research* **101**: 159-164.

Paavanen-Huhtala, S., J. Hyvönen, S.A. Bulat *et al.* 1999. "RAPD-PCR, isozyme, rDNA RFLP and rDNA sequence analyses in identification of Finnish *Fusarium oxysporum* isolates", *Mycological Research* **103**: 625-634.

Pantou, M.P., A. Mavridou y M.A. Typas. 2003. "IGS sequence variation, group-I introns and the complete nuclear ribosomal DNA of the entomopathogenic fungus *Metarhizium*: excellent tools for isolate detection and phylogenetic analysis", *Fungal Genetics and Biology* **38**: 159-174.

Riba, G., I. Bouvier-Fourcade y A. Caudal. 1986. "Isoenzimes polymorphism in *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) entomogenous fungi", *Mycopathologia* **96**: 161-169.

Roberts, D.W. y R.J. St. Leger. 2004. "*Metarhizium* spp., cosmopolitan insect – pathogenic fungi: Mycological aspects", *Advances in Applied Microbiology* **54**: 1-70.

Serrano-Carreón, L. y E. Galindo-Fentanes. 2007. "Control biológico de organismos fitopatogénicos, un reto multidisciplinario", *Ciencia* **1**: 77-88.

St. Leger R., L. Joshi, M.J. Bidochka *et al.* 1996. "Construction of an improved mycoinsecticide overexpressing a toxic protease", *Proceedings of the National Academy of Sciences* **93**: 6349-6354.

Tamez Guerra, G.P., W.L. Galán, R.H. Medrano, *et al.* 2001. "Bioinsecticidas: su empleo, producción y comercialización en México", *Ciencia* UANL **2**: 143-152.

Tigano, M.S. y G. Riba, G. 1990. "Estudio de sistemas isoenzimáticos polimórficos para *Beauveria bassiana* (Bals.)", *Vuill Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* **19**(2): 487-491.

Torres-Guzman, J.C., E. Salazar-Solís y G.A. Gonzalez-Hernández. 2008. "Búsqueda de alternativas ecológicamente amables para el control de plagas en la agricultura moderna: *Metarhizium anisopliae* como modelo de estudio", *Ide@s* CONCYTEG **37**: 4-9.

Tortora, G.J., B.R. Funke y C.L. Case. 2007. *Microbiology an introduction*. *Pearson Benjamin Cummins*, 9ª ed. San Francisco, pp. 276-303.

Tymon, A.M., P.A. Shah y J.K. Pell. 2004. "PCR-based molecular discrimination of *Pandora neoaphidis* isolates from related entomopathogenic fungi and development of species-specific diagnostic primers", *Mycological Research* **4**: 419-433.

Wang, C., Z. Li, M.A. Typas *et al.* 2003. "Nuclear large subunit rDNA group I intron distribution in a population of *Beauveria bassiana* strains: phylogenetic implications", *Mycological Research* **10**: 1189-1200.

HONGOS SILVESTRES COMESTIBLES



Marisela C. Zamora-Martínez

Introducción

Los hongos son elementos sobresalientes de todo ecosistema forestal debido a que desempeñan funciones de tipo ecológico y fisiológico que contribuyen al desarrollo de las poblaciones vegetales, en especial las arbóreas, ya que actúan como mediadores e integradores. La relevancia ecológica de las poblaciones fúngicas se suma al valor cultural y económico de éstas entre los habitantes de diversas regiones del mundo (Boa, 2005).

Diversidad fúngica

La diversidad fúngica a nivel mundial se estima en aproximadamente 1 500 000 especies, de las cuales a finales del siglo XX se conocía tan sólo 4.6% (Hawksworth, 1991), concentrándose el número de especies desconocidas en las regiones tropicales. En México, Guzmán (1998) calculó la riqueza fúngica en 200 000 especies; de ellas se han identificado alrededor de 3.3% (6 500), 2 000 micromicetos y 4 500 macromicetos, distribuidos en 28 entidades federativas con amplia predominancia en las regiones tropicales y subtropicales, seguidas por los bosques de coníferas, encinos y con menor diversidad las zonas áridas y semiáridas (Villarreal y Pérez-Moreno, 1989).

La entidad tiene una superficie de 394 669 ha, cubierta por bosques templados, ambientes ricos en hongos macroscópicos, pero con pocos ejemplares registrados en los herbarios nacionales, por lo que es difícil determinar la riqueza de especies de la entidad.

Hasta el momento se han identificado aproximadamente 260 géneros de macromicetos en el territorio guanajuatense, la mayoría procedentes de la Sierra de Santa Rosa y de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda (Doníz *et al.*, 2004; Márquez-Lucio *et al.*, 2006). Los géneros mejor representados en las recolectas documentadas son *Boletus* (mazayel, panadero, cema, panza, etc.) (figura 1), *Lactarius* (enchilados) (figura 2), *Russula* (trompas, catalinas, payasitos, etc.), *Ramaria* (patitas de pájaro, escobetas, etc.) (figura 3) y *Agaricus* (sanjuanero, hongo de llano, etc.) (cuadro 1). Estos taxa agrupan a un número de especies comestibles de amplia distribución en los bosques de coníferas y de encinos, cuyo aprovechamiento para autoconsumo y comercialización es una práctica común entre los productores forestales del centro, sur y en algunas localidades del norte de México. De manera complementaria a la información que presentan Medel *et al.*, en la contribución "Hongos" del presente estudio de biodiversidad, y la revisada para esta contribución se han registrado 25 géneros y 40 especies de hongos comestibles para Guanajuato. De acuerdo con otros trabajos sobre la entidad, como el de Segundo (2007), quien, al revisar la distribución actual y potencial del complejo *Boletus*



Figura 1. *Boletus edulis* (pambazo, cema, cemita, pancita, panadero de encino y pante).

Zamora-Martínez, M. C. 2012. "Hongos silvestres comestibles" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 90-93.



Figura 2. *Lactarius* spp. (enchilado).



Figura 3. *Ramaria flava* (escobeta amarilla, patita de pájaro).

edulis a nivel nacional, estima una distribución de 31 724.93 ha para dicha especie en Guanajuato, la cual se localiza comúnmente en los bosques de encino, mientras que su superficie potencial es de 120 122 ha (figura 3). Por otra parte, el hongo blanco de pino (*Tricholoma magnivelare*), especie de alto valor comercial, presenta una distribución potencial asociada a los bosques de pino-encino localizados dentro de los límites de la entidad (Zamora-Martínez y Nieto de Pascual-Pola, 2004).

Sin embargo, es evidente la falta de trabajo micológico en el estado, pese a que se ha enfatizado la importancia del conocimiento de los recursos forestales para su manejo sustentable (Zamora-Martínez, 1999). La presión sobre los recursos forestales maderables y no maderables es fuerte, pues una buena proporción de los pobladores tienen como fuente de subsistencia la agricultura, que complementan con productos de los bosques, entre los que destacan los hongos por su importancia ecológica, alimentaria, cultural y económica.

Esta problemática afecta de manera importante los ecosistemas forestales, lo que propicia cambios en el uso del suelo y la extracción maderable sin que las áreas de aprovechamiento cuenten con programas de manejo. Lo anterior incide de manera negativa en la diversidad y abundancia de los macromicetos, en particular de aquellos que son ectomicorrícicos, puesto que la disminución de las masas arboladas impactan las poblaciones fúngicas, de manera particular en su diversidad a nivel del rodal (Lilleskov y Bruns, 2003). Por lo tanto, el recurso micológico está en una situación de alta vulnerabilidad en la medida en que los bosques de la entidad continúen siendo explotados bajo esquemas no sustentables.

Desde el punto de vista ecológico, este grupo de organismos son importantes en la formación y estructura del suelo, ya que participan en el reciclaje de la materia orgánica. Asimismo, contribuyen al mantenimiento del buen estado fitosanitario del bosque a través de la asociación simbiótica denominada ectomicorriza, relación que se establece entre el hongo y las raíces de las plantas, principalmente coníferas y encinos, y ayuda a la planta a la absorción de agua y nutrimentos minerales (principalmente fósforo y nitrógeno), además de protegerla de organismos patógenos. A cambio, los hongos reciben energía en forma de azúcares, producto de la fotosíntesis de las plantas (Zamora-Martínez, 1999; Garibay, 2008).

En el aspecto alimentario los hongos son una fuente importante de proteína para la dieta de la población rural que habita en las áreas forestales, que por lo regular son núcleos humanos en condiciones de pobreza con altas necesidades nutricionales. Asimismo constituyen una alternativa de ingresos temporal para la economía familiar, toda vez que su venta total puede generar a una familia de recolectores recursos del

Cuadro 1. Hongos comestibles registrados en el estado de Guanajuato.

Especie	Localidad			Tipo de Vegetación		
	1	2	3	Encinar	Oyamental	Oyamel y encino
Agaricus placomyces Peck	X				X	
Amanita gpo. *caesarea sensu* Guzmán y Ramírez-Guillén (2001)		X		X		
Amanita flavoconia Atk.	X					X
Amanita fulva (Schaeff.) Pers.	X	X		X		X
Amanita rubescens (Pers.:Fr.) Gray	X	X		X		X
Amanita vaginata (Bull.: Fr.) Vitt.	X					X
Auricularia mesenterica (Gmel.: Fr.) Pers.	X					X
Boletus appendiculatus var. *regius* Honrad				X		
Boletus frostii Rusell			X		X	
****Boletus pulverulentus* Opat.	X					X
****Boletus subvelutipes* Peck	X					X
Clavariadelphus truncatus (Quél.) Donk	X				X	
Clavulina amethystina (Bull. : Fr.) Donk (menudo de vaca)*	X				X	
Clitocybe gibba (Pers.: Fr.) P. Kumm.	X					X
Collybia butyracea (Bull.: Fr.) P. Kumm.	X	X				X
C. peronata (Bolt.: Fr.) P. Kumm.	X				X	
Gomphus floccosus (Schwein.) Singer	X				X	
Gyromitra infula (Schaeff.: Fr.) Quél.	X				X	
Helvella elastica Bull. ex St. – Amans	X				X	
H. crispa (Scop.) Fr.						
H. lacunosa Affz.: Fr.	X	X		X	X	
Hygrophoropsis aurantiaca (Wulf.: Fr.) Schroet.	X				X	
Laccaria bicolor (Maire) Orton	X				X	
L. laccata (Scop.: Fr.) Berk. & Broome	X					X
Lactarius salmonicolor R. Heim & Leclair	X				X	
L. scrobiculatus (Fr.) Fr.	X				X	
Lepiota clypeolaria (Bull.: Fr.) P. Kumm.	X					X
Leucopaxillus gentianeus	X					X
Lycoperdon perlatum Per. ex Pers. (huevo)*	X			X		
Melanoleuca melaleuca (Pers.: Fr.) Maire	X					X
***Morchella costata* Pers.: Fr.	X				X	
Pluteus cervinus (Schaeff.) P. Kumm.	X				X	
Ramaria flava(Schaeff.: Fr.) Quél.	X					X

1) Cerro El Zamorano; 2) kilómetro 22.5 de la carretera Guanajuato-Dolores Hidalgo; 3) Estación Las Palomas de la Cuenca La Esperanza.
* Comestible en la zona; ** NOM-059-SEMARNAT-2010.

orden de los 325 salarios mínimos por temporada de lluvias (Loza *et al.*, 2000).

Conclusiones

Dada la relevancia ecológica y socioeconómica de los hongos silvestres comestibles es importante fomentar el desarrollo de investigaciones que permitan realizar el inventario y monitoreo de las poblaciones fúngicas del estado, con lo que se hará posible la generación de planes de manejo integrales y con mayores beneficios tanto para los productores, como para la conservación de la biodiversidad de la entidad.

Literatura citada

Boa, E. 2005. Los hongos silvestres comestibles. Perspectiva global de su uso e importancia para la población. Roma, Non-Wood Forest Products. No. 17, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Doníz, P.LM., R.I. Acosta y Z.M.G. Moctezuma. 2004. "Estudio e identificación de hongos macromicetos en la estación Las palomas de la ciudad de Guanajuato", en Memorias del VI Congreso Regional de QFB. San Nicolás de los Garzas. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), *Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición*, edición especial núm. **10**: 1-7.

Garibay, O.R. 2008. "Importancia funcional de los hongos ectomicorrizógenos", en R.M. Martínez, "Grupos funcionales", en *Capital natural de México*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. México Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

Guzmán, G. 1998. "Análisis cualitativo y cuantitativo sobre la diversidad de hongos en México", en G. Halffter (ed.), *La diversidad biológica de Iberoamérica* II. Xalapa, México, Instituto de Ecología, A.C., pp. 111-179.

Hawksworth, D.L. 1991. "The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation", *Mycological Research* **95**: 641-655.

Lilleskov, E.A. y T.D. Bruns. 2003. "Root colonization dynamics of two ectomycorrhizal fungi of contrasting life history strategies are mediated by addition of organic nutrient patches", *New Phytologist* **159**: 141-151.

Loza, P.A., M.C. Zamora-Martínez y A. Montoya. 2000. "Comercialización de hongos silvestres comestibles en el estado de Tlaxcala", en Memorias del VII Congreso Nacional de Micología. Querétaro, Qro., p. 26.

Márquez-Lucio, M.A., F. Alejo-Iturvide, G. Vázquez-Marrufo *et al.* 2006. Inventario de carpóforos en una zona sin actividad forestal en la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, en Memorias XXVI Congreso Nacional de Bioquímica.

Segundo, M.R. 2007. *Validación de la categoría de riesgo del complejo Boletus edulis, dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001*, tesis de licenciatura. México, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de Diciembre de 2010

Villarreal, L. y J. Pérez-Moreno. 1989. "Los hongos comestibles de México, un enfoque integral", *Micología Neotropical Aplicada* **2**: 131-144.

Zamora-Martínez, M.C. 1999. "Hongos comestibles en México", en Memorias del Ciclo de Conferencias La investigación y Educación Forestal en México, del 6 de abril al 29 de junio de 1999, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnap), pp. 87-104.

Zamora-Martínez, M.C. y C. Nieto de Pascual-Pola. 2004. "Studies of *Tricholoma magnivelare* in Mexico", *Micología Aplicada International* **1**: 13-23.

AISLADOS DE DIFERENTE MORFOLOGÍA Y VIRULENCIA DE ALGUNOS PROTOZOARIOS PATÓGENOS.



Fernando Anaya Velázquez | Felipe Padilla Vaca

Algunos microorganismos provocan enfermedades no solo en animales y plantas sino también en el ser humano (Hawksworth y Ritchie 1993). El estudio de la biodiversidad incluye a algunos microorganismos patógenos, que presentan una alta o baja virulencia, es decir, que poseen mayor o menor potencial de causar enfermedades.

Debido al alto riesgo de contagio y patogeneicidad que enfrenta la población en nuestro país, en la actualidad existe un gran interés en el estudio de los organismos que provocan las enfermedades y en su tratamiento, por lo que diversas instituciones están desarrollando proyectos al respecto. En esta contribución se presentan resultados relacionados con el parásito protozoario *Trichomonas vaginalis* en el que se muestra evidencia de que en dicha entidad existen parásitos con diferente grado de virulencia.

La tricomoniasis urogenital es la enfermedad de transmisión sexual no viral más importante en el mundo, es causada en el ser humano por el protozoario *Trichomonas vaginalis* y se transmite por contacto sexual. El parásito se localiza en el tracto genital y urinario de la mujer o del hombre, en donde puede causar vaginitis o uretritis. A nivel global, la tricomoniasis es una de las enfermedades de mayor morbilidad y su presencia se ha asociado a otros patógenos tales como el virus del sida y el del papiloma humano. Las tricomonas pueden presentar forma piriforme, ameboide, esferoidal, elipsoidal u ovoidal, asociándose la forma ameboide con la expresión de la virulencia del parásito. A nivel nacional, la tricomoniasis ha ocupado un lugar preponderante entre las primeras causas de morbilidad (Sánchez y Zavala *et al.*, 2003; Ingraham e Ingil, 1998).

El diagnóstico de la tricomoniasis en la mujer se realiza por examen directo y en fresco de la secreción vaginal observada al microscopio, obtenida de los fondos del saco vaginal lateral y posterior. En el hombre, la infección usualmente es asintomática y el examen debe realizarse de la secreción obtenida por la mañana antes de la primera micción. La identificación y diagnóstico de las tricomonas se realiza usualmente por medio del análisis microscópico, identificando las formas móviles del parásito. Una dificultad de tal análisis es que las formas poco móviles del parásito pasan inadvertidas.

En cultivo, la forma de *T. vaginalis* más frecuente es la piriforme, pero las tricomonas provenientes de otros aislados clínicos presentan parásitos con alta capacidad de adherencia al sustrato, que son capaces de adquirir una apariencia ameboide cuando se cultivan *in vitro* o se ponen a interaccionar con células epiteliales (González-Robles *et al.*, 1995). El parásito mide de siete a 23 µm (promedio 13 µm) de longitud y transversalmente de cinco a 12 µm (promedio 7 µm). Presenta cinco flagelos, cuatro de los cuales se localizan en la parte anterior mientras el quinto se extiende por el borde externo de la membrana ondulante del parasito. Los flagelos y la membrana ondulante proporcionan motilidad al parásito.

El conocimiento de la morfología, virulencia y características moleculares de los aislados clínicos y de las cepas establecidas de *T. vaginalis* en cultivo axénico (es decir, un cultivo en forma pura, sin la asociación de otros organismos) es importante para relacionar estos datos morfológicos con las propiedades biológicas relacionadas con la virulencia, lo cual permite ampliar los conocimientos relacionados con la patogenicidad de las tricomonas (González-Robles *et al.*, 2004).

Se ha analizado la morfología, la virulencia y las características moleculares de varias cepas de *Trichomonas vaginalis*, aisladas por el grupo de trabajo de mujeres del estado, y luego mantenidas en cultivo axénico, en el Laboratorio de Biología del Parasitismo del Departamento de Biología de la División de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Guanajuato.

Anaya Velázquez, F. y F. Padilla-Vaca. 2012. "Aislados de diferente morfología y virulencia de algunos protozoarios patógenos" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 94-96.

Las cepas analizadas se denominan: GT-1, GT-3, GT-6, GT-7, GT-8, GT-10, GT-11, GT-13, GT-13 PH3, GT-15, GT-20, GT-21 y GT-22 (aisladas de pacientes en los municipios de Guanajuato, Irapuato, León y Celaya), las cuales se compararon con cepas de referencia denominadas NIH y RFC de ATCC (que fueron aisladas por otros autores en Estados Unidos). Las tricomonas fueron cultivadas axénicamente en el medio TYI-S-33, en condiciones establecidas por el grupo de trabajo (Padilla-Vaca *et al*., 1997).

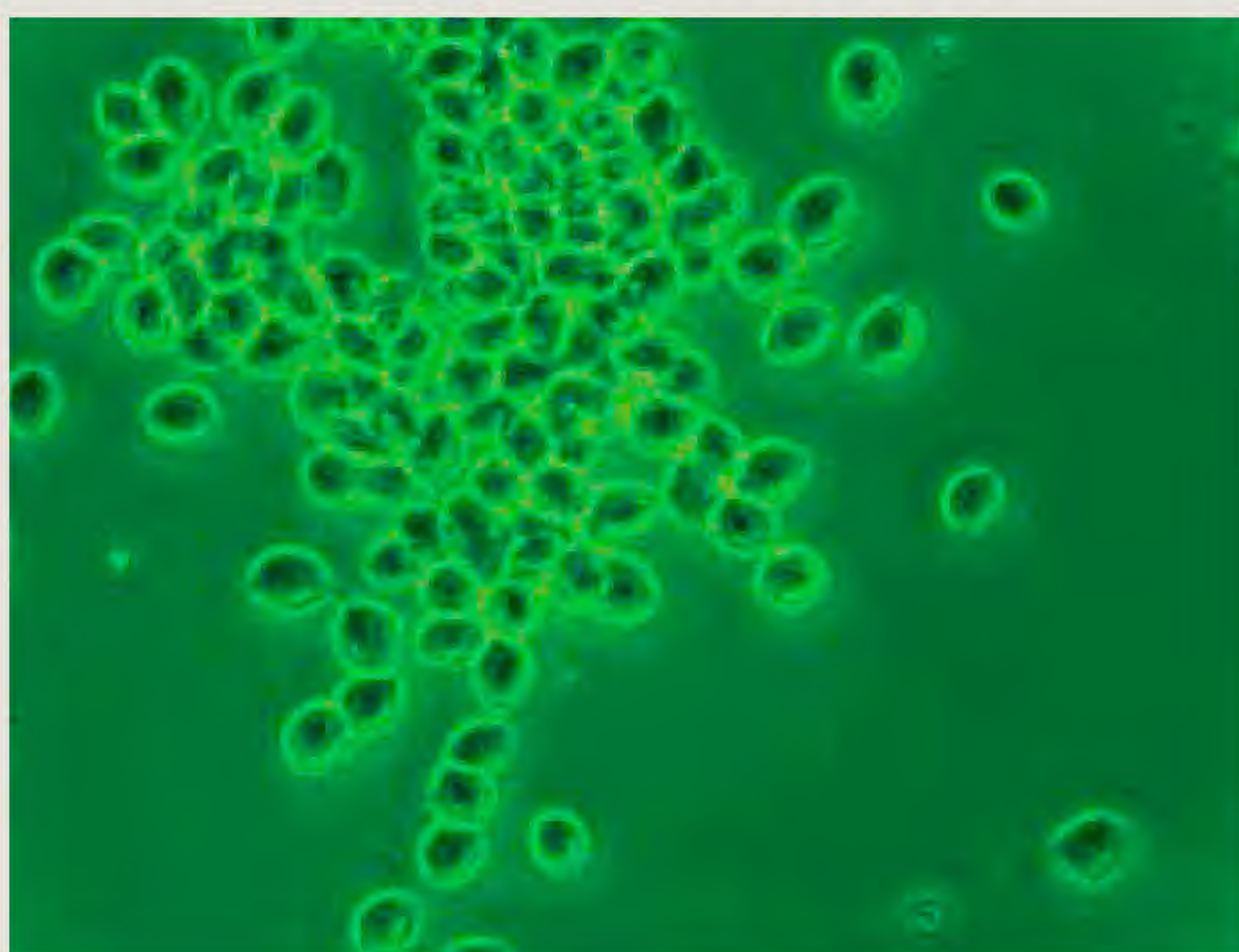
Para la observación en fresco se prepararon suspensiones celulares en medio de cultivo a 37 °C con el propósito de permitir la expresión de su morfología característica. En otros experimentos se investigó la virulencia observando su adherencia y efecto destructor sobre células epiteliales en cultivo y la producción de lesiones en ratones. Finalmente, se extrajo el ADN de las diferentes cepas de tricomonas y mediante la técnica de análisis denominada RAPD (por sus siglas en inglés: Randomly amplified polymorphic DNA), que genera patrones de bandas polimórficas, se determinó la diversidad genética de las cepas.

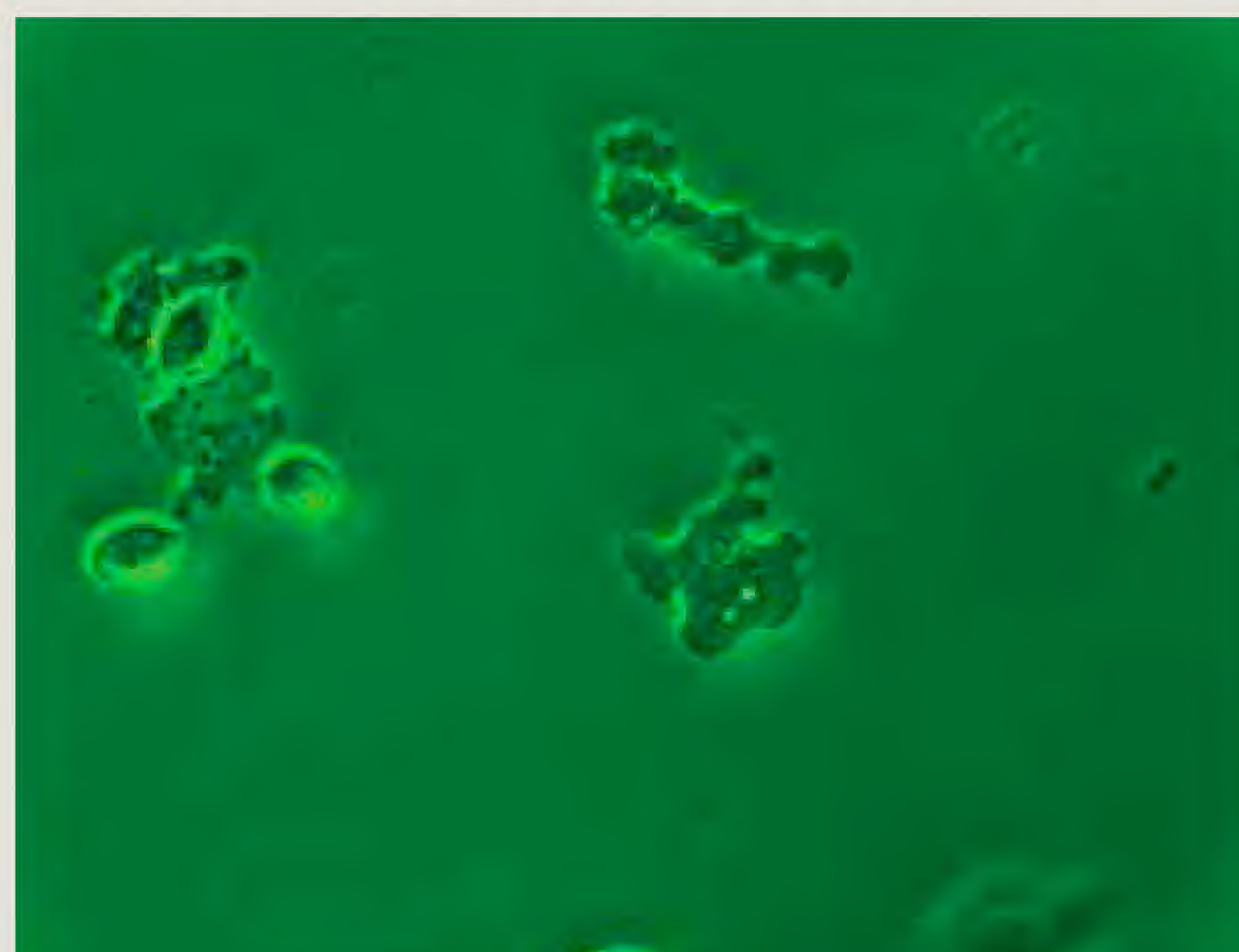
En la mayoría de las muestras se logró observar por campo claro y contraste de fases, los flagelos, el núcleo, los hidrogenosomas y vacuolas, así como el movimiento que presentan las tricomonas y sus flagelos, el cual varió según la cepa a la que correspondía, ya que algunas cepas son muy adherentes y no presentan movimiento notable.

Las cepas de *T. vaginalis* analizadas mostraron morfología piriforme y otras ameboide (Anaya Velázquez *et al*., 2008). Las primeras son móviles y poco adherentes y las segundas tienen poco movimiento y muestran mayor adherencia (figuras 1 y 2). Cuando se comparó la morfología de las cepas con la virulencia a nivel experimental se encontró que las cepas ameboides son más virulentas, mientras que las cepas piriformes muestran poca virulencia (datos no mostrados).

Con respecto al polimorfismo genético de las cepas de tricomonas, se encontró que los patrones de bandeo son muy parecidos en todas las cepas del estado, sin importar si son piriformes o ameboides. Sin embargo, en la cepa NIH de referencia, que fue aislada en Estados Unidos, su patrón polimórfico fue muy diferente (figura 3).

El conocimiento de la biodiversidad de *T. vaginalis* en el estado ha servido para diferenciar en muestras clínicas las tricomonas móviles y poco móviles que corresponden a las tricomonas de baja y alta virulencia, respectivamente, lo cual se comprobó en un proyecto de investigación realizado en conjunto con el Laboratorio Estatal de Salud Pública al final de la década pasada, en el que se comprobó que las tricomonas poco móviles no se identifican adecuadamente por microscopía pero sí por cultivo.





Figuras 1 y 2. Trofozozoítos (las formas móviles y activas del parásito) piriformes de la cepa GT-7 (izquierda) y mezcla de células piriformes y ameboides de la cepa GT-21 (derecha) (fotografía de Fernando Anaya Velázquez y Felipe Padilla Vaca).

Dada la alta frecuencia de la tricomoniasis urogenital en México, y en particular en Guanajuato, y teniendo en cuenta que su presencia en los pacientes puede indicar la presencia de otros patógenos adquiridos también por contagio sexual, es necesario su monitoreo. De la misma manera, la información obtenida nos habla de la necesidad de continuar las investigaciones para detectar aislados clínicos del parásito en el estado que sean provenientes de otras latitudes, por ejemplo, por medio de la población migrante.

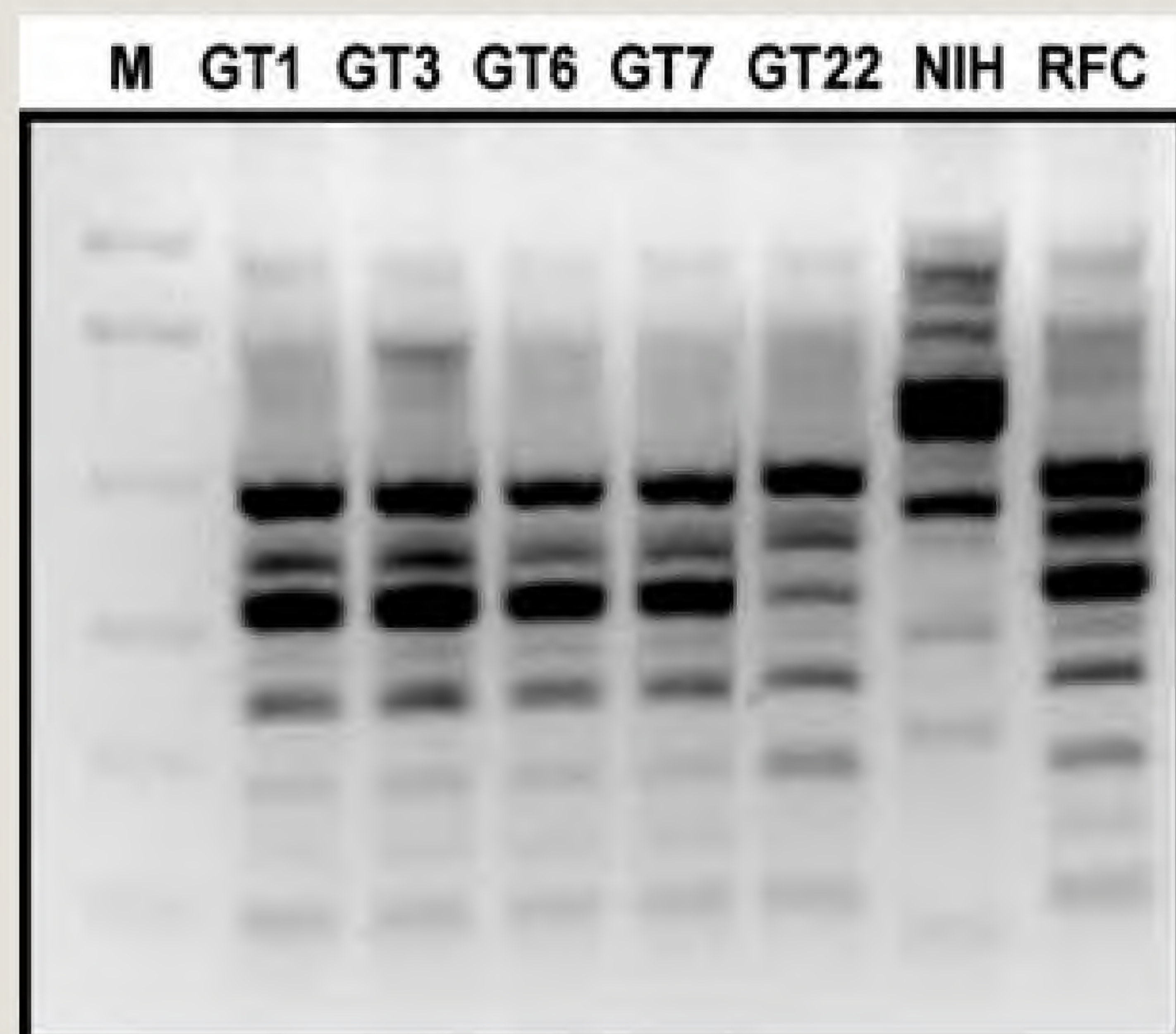


Figura 3. Patrones de amplificación de bandas polimórficas (RAPD) de diferentes cepas de *T. vaginalis* aisladas del estado de Guanajuato y otras de referencia provenientes de Estados Unidos de América. La denominación GT-1 a GT-22, corresponde a las cepas locales aisladas por nosotros. NIH y RFC, son cepas de referencia foráneas, obtenidas de ATCC (American Type Culture Collection).

Literatura citada

Anaya Velázquez, F., L.N. Raya García y F. Padilla Vaca. 2008. “Análisis por microscopía de luz de cepas ameboides y piriformes de *Trichomonas vaginalis*”. IX Congreso Nacional de Microscopía. Guanajuato, del 9 al 13 de noviembre.

González-Robles, A. A. Lázaro-Haller, M. Espinosa-Cantellano *et al.* 1995. “*Trichomonas vaginalis*: Ultrastructural bases of the cytopathic effect. J. Eukaryot”, *Microbiol* **42**: 641-651.

———, M. Espinosa-Cantellano, C. Arguello *et al.* 2004. “Surface properties and in vitro cytopathic effect of various strains of *Trichomonas vaginalis*”. *J. Submicrosc. Cytol. Pathol.* **36**: 77-83.

Hawksworth, D. L. y J. M. Ritchie. 1993. “Biodiversity and biosystematic priorities: microorganisms and invertebrates”, en *Biodiversity and biosystematic priorities: microorganisms and invertebrates* Wallingforth, UK. CAB International.

Ingraham J. y C. Ingil. 1998. *Microbiología* 2a ed. España, Editorial Reverté, pp. 609-610.

Padilla-Vaca, F. y F. Anaya-Velázquez 1997. “Biochemical properties of a neuraminidase of *Trichomonas vaginalis*”, *J. Parasitol.* **83**: 1001-1006.

Sánchez, J. y J. Zavala. 2003. *Fundamentos de microbiología y parasitología médica*, 2ª ed. México, Méndez Editores, pp. 524-526.

LA DIVERSIDAD VEGETAL

Sergio Zamudio Ruiz

Introducción

La flora de una región está constituida por el conjunto de plantas que crecen de forma natural en su territorio, las cuales se agrupan e interactúan de múltiples maneras, formando asociaciones diversas y complejas comunidades que se desarrollan estrechamente ligadas al clima y al suelo. Su importancia ecológica radica en su función como productores primarios, ya que son la base de las cadenas alimenticias; sin embargo, también brindan otros beneficios. Por ejemplo, juegan un importante papel en la formación del suelo, lo cubren y fijan evitando la erosión y también permiten que el agua de la lluvia se filtre alimentando los acuíferos; por otro lado aportan oxígeno a la atmósfera, con lo que ayudan a mantener su equilibrio gaseoso y, finalmente, constituyen el hábitat para los animales, incluyendo al ser humano, por lo que la vida en la Tierra depende por completo de ellas.

Se puede afirmar que el conocimiento de los recursos vegetales del estado de Guanajuato todavía es parcial, a pesar de que varios naturalistas, médicos y botánicos se han interesado en las plantas de esta entidad federativa desde finales del siglo xviii hasta nuestros días (Carranza, 2005). La ubicación de la entidad en el centro de la República Mexicana y la extensa red de carreteras y brechas con que cuenta, no han sido suficientes para alentar la exploración de su territorio y estimular el estudio de sus recursos naturales.

Contrasta, en cambio, la extensión de las áreas agrícolas y pecuarias, la alta densidad poblacional, el crecimiento de las zonas urbanas, así como las actividades industriales, que en conjunto han contribuido por un lado a la destrucción y desaparición de la vegetación original de más de la mitad de la superficie del estado y, por el otro, a la profunda modificación y degradación de la cubierta vegetal que aún permanece en la entidad, lo que es muy evidente sobre todo en la parte central y sur del estado. Debido a estas circunstancias la vegetación secundaria predomina en grandes extensiones, en forma de matorrales, así como de pastizales inducidos y áreas dominadas por plantas invasoras que se comportan como malezas.

Es muy probable que debido a estas circunstancias el estado haya sido poco atractivo para los naturalistas y biólogos, quienes han mostrado poco interés en realizar investigaciones sobre los recursos naturales de esta entidad.

Antecedentes

De acuerdo con Rzedowski (1997), el número de colectores botánicos que han contribuido al conocimiento de la flora del estado apenas rebasa los 50 y muchos de ellos sólo estuvieron aquí circunstancialmente al dirigirse a otras regiones del país.

Dentro de los antecedentes más antiguos de las exploraciones y colectas de ejemplares botánicos, en el siglo xviii se registra la visita de José Mariano Mociño, médico y botánico mexicano, colaborador prominente de la Real Expedición Botánica a Nueva España, quien en 1790 realizó un viaje (en compañía de otros integrantes de la expedición) en el que visitó Querétaro, Guanajuato y Michoacán. Entre las localidades de la entidad en las que realizaron colectas e ilustraciones de plantas figuran Guanajuato, Íxtla y Santa Rosa. Otro renombrado colector que visitó el estado a finales de ese siglo fue Luis Née, botánico español de ascendencia francesa, miembro de la expedición de Malaspina, quien recorrió las costas de América entre 1789 y 1794. En 1791 Née desembarcó en Acapulco y exploró durante varios meses el interior de la Nueva España. Entre otras localidades visitó Guanajuato, San Miguel de Allende, Salvatierra y Acámbaro.

Zamudio Ruiz, S. 2012. “La diversidad vegetal” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 97-108.

Durante el siglo XIX, se puede mencionar a Lucas Alamán (1792-1853), estadista e historiador mexicano, nativo del estado, quien tenía interés en las plantas del lugar, por lo que colectó y envió al botánico suizo A.P. de Candolle un importante número de ejemplares, en su gran mayoría de diferentes localidades cercanas a la ciudad de Guanajuato. También se sabe que los destacados naturalistas europeos Alexander von Humboldt y Aimé J.A.G. Bonpland visitaron el estado en 1803, durante un viaje al volcán Jorullo; a su paso colectaron en localidades como Santa Rosa, Guanajuato y Salamanca. Otros colectores famosos de aquella época, que estuvieron viviendo o visitaron el estado, son Karl Theodor Hartweg (1837), Alfredo Dugès (1860-1910) y Cyrus G. Pringle (1891 y 1904). Es importante señalar que los ejemplares resultantes de las colectas de esta época histórica fueron depositados casi en su totalidad en herbarios del extranjero y existen muy pocos duplicados representados en los herbarios mexicanos (Rzedowski, 1997).

Entre los colectores botánicos que exploraron el estado durante el siglo XX se puede mencionar a Leslie Alva Kenoyer, botánico estadounidense, que en 1947 realizó importantes exploraciones en los alrededores de San Miguel de Allende, de la ciudad de Guanajuato, así como sobre la carretera entre San Luis de la Paz y Xichú. Rogers McVaugh, destacado botánico de Estados Unidos, iniciador de la Flora Novo-Galiciana, cuya área incluye entre otras regiones el occidente de Guanajuato, exploró en 1949 la región de Santa Rosa y las montañas del sureste de San José Iturbide. En 1957 colectó sobre la carretera de San Luis de la Paz a Xichú y durante 1970 visitó diversas localidades del norte y del este de la entidad. En 1971 estuvo activo en el cerro Zamorano, ubicado en los límites entre Guanajuato y Querétaro. Jean Kishler, estadounidense que residió en San Miguel de Allende durante muchos años, realizó colectas de materiales de herbario entre 1977 y 1984, primordialmente en los alrededores de San Miguel de Allende, pero también en otras porciones del estado. El juego principal de sus ejemplares se encuentra en el Herbario Nacional (MEXU) del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (Rzedowski, 1997).

En la segunda mitad del siglo XX las exploraciones y colectas botánicas se intensificaron en Guanajuato. Algunos grupos particulares de plantas llamaron especialmente la atención de los colectores, entre ellos se encuentran las cactáceas y crasuláceas que motivaron la realización de varias exploraciones (Little, 1948; Gold, 1954, 1967; Meyrán, 1966, 1970; Moran, 1971). Varios colectores relacionados con instituciones mexicanas empezaron a recorrer y explorar el territorio del estado; así se puede mencionar que en 1974 David Flores, médico mexicano, nativo de Salvatierra y ligado a la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, colectó muestras de plantas en los municipios de Salvatierra y Tarimoro; en ese mismo año Rosaura Grether recolectó en la cuenca alta del río de La Laja al realizar el estudio ecológico de *Mimosa biuncifera* y *Mimosa monancistra* (Grether, 1974). Rivas (1980) exploró el municipio de Acámbaro al estudiar la vegetación; de igual manera Hermilo Quero (1984) recolectó especímenes de plantas al estudiar la vegetación de las serranías de la cuenca alta del río La Laja.

En los últimos 24 años la exploración botánica en Guanajuato se intensificó significativamente debido al desarrollo del proyecto *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, que incluye el territorio de los estados de Guanajuato, Querétaro y la porción norte de Michoacán. La finalidad de este proyecto es elaborar la flora de toda la región, incluyendo, además de los aspectos taxonómicos, información ecológica con datos relativos a la abundancia y vulnerabilidad de las especies a la extinción. El proyecto se inició en 1985 con una campaña de colecta intensiva que terminó en 1991. Los resultados se publican en forma de fascículos en los que se describen las plantas de cada familia botánica. Entre los colectores asociados a este proyecto destacan Eleazar Carranza, Raquel Galván, Arturo Mora Benítez, Jerzy Rzedowski, Roberto Santillán Ibarra, Emma Ventura, Eutiquio López y otros más. Aunque la fase de colecta intensiva de la región concluyó en 1991, algunas de estas personas continúan con la exploración y colecta del área de manera selectiva e intermitente. La mayor parte de las muestras botánicas colectadas durante estas exploraciones se encuentran

depositadas en el Herbario del Centro Regional del Bajío del Instituto de Ecología, A.C. (IEB), ubicado en la ciudad de Pátzcuaro, Michoacán, y los duplicados se han distribuido ampliamente a otros herbarios de México y del extranjero.

Entre 1991 y 1998 Charles Glass, renombrado estudioso de las suculentas mexicanas vivió en el ejido Alcocer, en San Miguel de Allende, y desde allí realizó numerosas expediciones para colectar cactáceas y otras suculentas en compañía de un nutrido grupo de jóvenes. Entre los colectores asociados que lo acompañaron se encuentran: Mario Mendoza García, Elena Aguilar de Mendoza, Saúl Aguilar, Antonio Sierra Pichardo, Marcos Sierra Pichardo, Alonso García Luna, Juan Antonio García Luna, Humberto Fernández, Elías Jiménez Pérez, Luis Zarza López, Juan Carlos Sierra Mejía, Juan Córdoba y Emilio Mendoza Luna. Sus pesquisas dieron como resultado el descubrimiento de una gran variedad de nuevas especies, y la mayoría de los ejemplares colectados, incluyendo los tipos, se encuentran resguardados en el IEB (Sotomayor, 1998).

En esta etapa proliferaron también los estudios de tesis profesionales y las publicaciones de artículos en los que se hace referencia directa a las plantas de regiones particulares en el estado. En 1978 fue publicado un trabajo referente a la vegetación forestal del estado (Pineda, 1978) y posteriormente se realizaron otros estudios de vegetación de alcance regional, como el estudio de la vegetación del municipio de Acámbaro (Rivas, 1980), la vegetación de las serranías de la cuenca alta del río de La Laja (Quero, 1984), un estudio del bosque tropical caducifolio en la región del Bajío (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1987), la Hoya del Rincón de Parangueo (Aguilera, 1991), la vegetación y flora acuática de la laguna de Yuriria (Ramos y Novelo, 1993), el estudio florístico de la Sierra de los Agustinos (Rubio, 1993), la flora espontánea del Jardín Botánico El Charco del Ingenio (Meagher, 1994 y 2007), los pastizales calcífilos del estado de Guanajuato (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1995), notas sobre la vegetación y la flora del noreste del estado (Rzedowski *et al.*, 1996), estudio de la vegetación de la Sierra de Santa Rosa (Martínez, 1999), entre otros. Se cuenta con algunos trabajos de temas ecológicos o florísticos más específicos como el inventario de las plantas suculentas del estado (Galván *et al.*, 1994), las plantas útiles del predio El Cortijo, Dolores Hidalgo (Ocampo-Velázquez, 1997) y las aportaciones de Carranza sobre varios aspectos de la flora estatal (Carranza, 1998, 2001, 2004), o la flora y fitogeografía del municipio de San José Iturbide (Gutiérrez-Gallegos, 2004), así como el manual de malezas de la región de Salvatierra (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2004).

Es importante mencionar que además existen dos listados florísticos del estado: uno sobre las Pteridofitas del Bajío, en el que se mencionan 12 familias, 25 géneros y 65 especies para Guanajuato (Díaz-Barriga y Palacios-Ríos, 1992) y otro sobre musgos que cita 22 familias, 62 géneros, 100 especies y 14 taxa infraespecíficos (Delgadillo y Cárdenas, 1996).

Carranza (2005) hizo algunas estimaciones preliminares de la diversidad de las plantas vasculares de Guanajuato, registrando la existencia de 166 familias, 786 géneros y 2 547 especies y recomendó conservar algunas áreas de particular importancia en el estado.

Como resultado de las exploraciones y publicaciones mencionadas el conocimiento de las plantas del estado ha mejorado notablemente; sin embargo, todavía no se tiene un inventario completo y con toda seguridad las exploraciones futuras revelarán la existencia de plantas que no se habían registrado anteriormente en el estado, e incluso no sería raro que aparecieran algunas plantas que aún no han sido descritas por los científicos.

Diversidad de plantas vasculares

Al actualizar la información existente sobre las plantas vasculares del estado, usando la base de datos del Herbario IEB y lo referido en la literatura revisada, se encontró que se registran hasta ahora 178 familias, 901 géneros y 2 786 especies (ver lista florística en apéndice 1); observándose un incremento de 12 familias, 115 géneros y 239 especies, con respecto a las cifras dadas por Carranza (2005). Como se ha mencionado antes, estos números todavía no son definitivos y con toda seguridad las cifras se incrementarán, ya que no se ha concluido el estudio de la flora y existen varias regiones en el estado

que necesitan ser exploradas con mayor intensidad, por lo que se calcula que el número de especies vegetales de Guanajuato podría estar cercano a las 3 000. Si este dato se corrobora, la riqueza florística de Guanajuato se podría considerar moderadamente alta, tomando en cuenta que sería mayor que la de Aguascalientes con 1 200 especies y que la del Valle de México con 2 071 especies; sería de una magnitud semejante a la de Coahuila con 3 039 especies y Nuevo León con 3 175 especies, pero muy inferior a la de los estados más diversos de México como Chiapas que cuenta con 8 248 especies y Oaxaca con 8 431 (García-Mendoza *et al.*, 2004; Toledo, 1993, Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1989; Villarreal y Estrada, 2008).

Como se muestra en el cuadro 1, dentro de las plantas vasculares, las Angiospermas o plantas con flores son las más abundantes y diversas en el estado y están representadas por 157 familias, 857 géneros y 2 642 especies; ellas predominan en todos los tipos de vegetación y se encuentran en todos los ambientes. Les siguen en importancia las Pteridofitas, que agrupan a los helechos y grupos afines, con 17 familias, 38 géneros y 126 especies, las que en su mayor parte juegan un papel secundario en la composición de las comunidades vegetales del estado. Finalmente se encuentran las Gimnospermas con cuatro familias, seis géneros y 18 especies, dentro de éstas destaca la familia Pinaceae que participa con 11 especies que suelen ser dominantes en los bosques de oyamel, de pino y de pino-encino.

Como ocurre en muchas regiones de México, dentro del grupo de las plantas con flores o Angiospermas, las tres familias más ricas de la flora de Guanajuato son Compositae con 119 géneros y 462 especies, Gramineae con 83 géneros y 252 especies y Leguminosae con 58 géneros y 189 especies; categorías taxonómicas que reúnen alrededor de 29% de todos los géneros y 32% de las especies, lo que las hace componentes importantes de todas las comunidades vegetales del estado. Otras familias importantes citadas en el cuadro 2, aunque en menor grado son: Cactaceae, Malvaceae, Scrophulariaceae, Labiatae, Rubiaceae, Orchidaceae, Solanaceae, Euphorbiaceae, Cyperaceae y Convolvulaceae.

En lo que se refiere a géneros (cuadro 3), destaca *Euphorbia* con 45 especies, *Solanum* con 43, *Salvia* con 42, *Mammillaria* con 35, *Muhlenbergia* con 34 y *Eupatorium* con 33. La mayoría contienen plantas herbáceas y arbustivas con capacidad para crecer en diferentes ambientes. Destacan los géneros *Mammillaria*, que alcanza su máxima diversidad en los matorrales xerófilos, y el género *Quercus* que, al contrario de los otros, posee principalmente árboles que suelen ser dominantes en los bosques de las regiones con climas templados.

La alta diversidad de plantas registrada en Guanajuato se debe en parte a que en el territo-

Cuadro 1. Riqueza de plantas vasculares.

	Familias	Géneros	Especies
Angiospermas	157	857	2 642
Gimnospermas	4	6	18
Pteridofitas	17	38	126
Totales	**178**	**901**	**2 786**

Fuente: Zamudio y Galván, 2011.

Cuadro 2. Las 13 familias registradas para la flora vascular de Guanajuato con mayor número de géneros y de especies.

Familias	Núm. Generos	Núm. de Especies
Compositae	119	463
Gramineae	83	253
Leguminosae	58	189
Cactaceae	23	100
Malvaceae	23	56
Scrophulariaceae	21	43
Labiatae	20	76
Rubiaceae	19	45
Orchidaceae	19	34
Solanaceae	14	94
Euphorbiaceae	14	81
Cyperaceae	11	65
Convolvulaceae	9	57

Fuente: Zamudio y Galván, 2011.

rio del estado confluyen tres de las provincias fisiográficas más importantes de México: la Mesa del Centro, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental, cada una con diferencias geológicas, climáticas e históricas que las hacen poseedoras de una flora particular, por lo que aportan diferentes conjuntos de plantas que enriquecen la flora estatal (Bárcenas, 1999; Carranza, 2005; Rzedowski, 1996). Además, el alto grado de perturbación de las comunidades vegetales, así como la extensión de los campos agrícolas, favorecen la introducción y crecimiento de numerosas malezas que incrementan la diversidad regional (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2004).

Al evaluar la diversidad vegetal presente en cada una de las tres regiones fisiográficas (cuadro 4), se observa que la mayor cantidad de géneros y de especies del estado (93% y 77%, respectivamente) se ubica en la Mesa del Centro, que es la región más extensa (90% de su territorio); aproximadamente tres cuartas partes de los géneros y un poco más de la mitad de las especies se han registrado de la Sierra Madre Oriental en el noreste, con una superficie cercana a 5% del total del estado; mientras que en el Eje Neovolcánico, que ocupa la menor extensión (alrededor de 2% de la superficie estatal), se enlistan 44% de los géneros y apenas 28% de las especies, encontrándose aquí la diversidad más baja (Carranza, 2005).

Es necesario aclarar que las relaciones geográficas de la flora vascular del estado no se restringen a estas tres regiones y al hacer un análisis más detallado se encuentra una mayor complejidad que la expresada anteriormente; algunos autores como Bárcernas (1999) y Rzedowski *et al.* (1996) han sugerido los siguientes grupos:

1. Plantas distribuidas principalmente en la región del desierto chihuahuense, que se extienden hacia el sur hasta Guanajuato, Querétaro e Hidalgo. Aquí se ubican a las especies que forman parte de los matorrales xerófilos cuyo centro de distribución más característico es la región del desierto chihuahuense. De ellas se pueden mencionar: *Acacia berlandieri, A. constricta, Acourtia parryi, Antiphytum heliotropioides, Echinocactus horizonthalonius, Echinocereus cinerascens, E. pectinatus, E. pentalophus, Euphorbia antisyphilitica,* *Fouquieria splendens, Hoffmannseggia watsonii, Koeberlinia spinosa, Larrea tridentata, Mammillaria candida, Neolloydia conoidea, Opuntia stenopetala, Prosopis laevigata, Quercus grisea, Salvia ballotaeflora, Senna mensicola* y muchas más.

2. Plantas conocidas con anterioridad solamente de San Luis Potosí y áreas situadas aún más al norte de este estado, como: *Acleisanthes nana, Baccharis ramiflora, Crataegus rosei, Mammillaria hahniana, Mimosa similis, Mirabilis multiflora, Pinus durangensis, Polygala macradenia, Villadia patula*, entre otras.

3. Plantas características de la zona árida Queretano-Hidalguense, con extensión al norte de Guanajuato, entre las que se puede mencionar: *Astrophytum ornatum, Bumelia altamira-*

Cuadro 3. Géneros de la flora vascular de Guanajuato con mayor número de especies.

Género	Núm. de especies	% del total
Euphorbia	45	1.61
Solanum	43	1.56
Salvia	42	1.50
Mammillaria	35	1.25
Muhlenbergia	34	1.21
Eupatorium	33	1.18
Ipomoea	31	1.11
Quercus	31	1.11
Cyperus	30	1.07
Senecio	26	0.93
Totales	350	12.51

Fuente: Zamudio y Galván, 2011.

Cuadro 4. Número de géneros y especies de plantas vasculares en las regiones naturales de Guanajuato.

	Núm. de géneros	% del total	Núm. de especies	% del total
Mesa del Centro	735	93	1 965	77
Sierra Madre Oriental	594	75	1 330	52
Eje Neovolcánico	348	44	705	28

Fuente: Carranza, 2005.

noi, Casimiroa pubescens, Coryphantha erecta, C. jalpanensis, Dyscritothamnus filifolius, D. mirandae, Ferocactus glaucescens, Geniostemon coulteri, Heliotropium queretaroanum, Ipomoea rzedowskii, Mammillaria calacantha, M. elongata, M. hahniana, M. herrerae, M. longimamma, M. perbella, M. saetigera, Pachyphytum compactum, Pinguicula agnata, Pomaria glandulosa, Sedum corynephyllum, S. hemifusum, Senna guatemalensis var. *hidalgensis, Strombocactus disciformis, Thelocactus leucanthus* y *Yucca queretaroensis.*

4. Especies con distribución disyunta, que se distribuyen a ambos lados del Eje Neovolcánico y se extienden generalmente hasta las zonas áridas de Puebla y Oaxaca: *Coryphantha radians, Echinocactus platyacanthus, Ferocactus latispinus, Isolatocereus dumortieri, Mammillaria uncinata, M. zephyranthoides, Mimosa aculeaticarpa, M. biuncifera, Myrtillocactus geometrizans, Opuntia hyptiacantha, O. imbricata, O. kleiniae, O. lasiacantha, O. leptocaulis, O. pubescens, O. streptacantha, O. tomentosa, O. tunicata, Pereskiopsis diguetti, Stenocereus pruinosus.*

5. Plantas esencialmente distribuidas a lo largo de la Sierra Madre Oriental, entre las que se mencionan como ejemplo: *Acacia parviflora, Capsicum ciliatum, Carya ovata* var. *mexicana, Decatropis bicolor, Echeveria bifurcata, Ferocactus echidne, Helietta parvifolia, Mimosa leucaenoides, Morkillia mexicana, Phymosia umbellata, Pithecellobium pallens, Quercus affinis, Robinsonella discolor, Rzedowskia tolantongensis, Sedum calcicola, S. hultenii* y *Selenicereus spinulosus.*

6. Plantas distribuidas en el Eje Neovolcánico. Estas especies poseen su centro de distribución en las regiones montañosas y cañadas del Eje Neovolcánico, aunque pueden extenderse a algunas cadenas montañosas aisladas de la Altiplanicie Mexicana, e incluso a otras serranías del sur del país. Se distribuyen predominantemente en comunidades de bosques templados. Entre dichas especies se citan: *Altamiranoa mexicana, Aporocactus flagelliformis, Coryphantha clavata, Echeveria agavoides, E. secunda, Echinocereus polyacanthus, Mammillaria densispina, M. jaliscana, M. pettersonii, M. polythele, Peniocereus serpentinus, Sedum longipes, Stenocactus ochoterenianus, S. phyllacanthus.*

7. Plantas características de la tierra caliente de muchas regiones de México, que forman parte principalmente del bosque tropical caducifolio, pero que pueden encontrarse también en algunos matorrales xerófilos, como: *Acacia farnesiana, Albizia occidentalis, Aphananthe monoica, Celtis iguanaea, Cissampelos pareira, Croton niveus, Guazuma ulmifolia, Lysiloma acapulcensis, Lysiloma microphyllum, Parkinsonia aculeata, Piper amalago, Sapindus saponaria* y muchas otras.

8. Especies endémicas. Restringidas a los límites geopolíticos del estado. Un número reducido de 25 especies y dos variedades de plantas vasculares son exclusivas o endémicas de Guanajuato. Muchos de estos taxa se han descrito como resultado de las exploraciones recientes y la mayoría sólo se conocen de la localidad típica o de zonas aledañas (cuadro 5). Entre estos 27 taxa destacan los pertenecientes a las familias Cactaceae (seis especies), Crassulaceae (seis especies) y Compositae (dos especies y dos variedades). Sobresalen también *Beaucarnea compacta* y *Calibanus glassianus*, de la familia Nolinaceae, por ser plantas arbustivas muy raras, con extraña forma de crecimiento.

Además de las plantas estrictamente endémicas a la entidad , existe un grupo de seis especies de distribución restringida, pero que amplían su área a Guanajuato y San Luis Potosí: *Echeveria walpoleana* (Familia Crassulaceae); *Helianthemum pugae* (Familia Cistaceae); *Pachyphytum fitkaui* (Familia Crassulaceae); *Richardia gandarae* Rzedowski. (Familia Rubiaceae); *Sedum clauseni* (Familia Crassulaceae); *Villadia acuta* (Familia Crassulaceae).

Por otra parte, también existen varias especies con áreas de distribución limitadas a los estados de Guanajuato y Querétaro, como: *Baccharis zamoranensis* (Familia Compositae); *Geniostemon atarjanum* (Familia Gentianaceae); *Glandulicactus crassihamathus* (Familia Cactaceae); *Pachyphytum viride* (Familia Crassulaceae); *Priva ibugana* (Familia Verbenaceae); *Rubus macvaughianus* (Familia Rosaceae); *Sedum pacense* (Familia Crassulaceae); *Tetramerium carranzae* (Familia Acanthaceae); *Zigadenus neglectus* (Familia Melianthaceae).

Muchas de estas plantas pertenecen a familias características de ambientes secos y habitan en

Cuadro 5. Plantas endémicas del estado de Guanajuato.

Especie	Municipio	AM	SMO	Más edos.
Acourtia venturae L. Cabrera	Victoria		x	
Arracacia macvaughii Mathias y Constance	Tierra Blanca	x		
Bidens aequisquama var. *guanajuatensis* A. Gray	Dolores Hidalgo	x		
Beaucarnea compacta L. Hern. y Zamudio	Atarjea		x	
Calibanus glassianus L. Hern. y Zamudio	Xichú		x	
Carlowrihtia venturae T. F. Daniel	Victoria		x	
Chrysactinia luzmariae Rzedowski y Calderón	Xichú		x	
Echeveria calderoniae Pérez-Cálix	Ocampo	x		
Echeveria xichuensis López y Reyes	Xichú		x	
Hechtia pretiosa Espejo y López- Ferrary	Xichú		x	
Mammillaria albiflora (Werderm.) Backeb	NDw	x		
Mammillaria duwei Rogoz. y P. J. Braun	ND	x		
Mammillaria multihamata Boed	ND		x	
Mammillaria schwarzii Shurly	ND (norte del estado)		x	
Mammillaria zeilmanniana Boed	S.M. Allende	x		
Pachyphytum brevifolium Rose	Guanajuato	x		
Pachyphytum machucae I. García, Glass y Chazado	Cuerámaro	x		Michoacán
Polianthes multicolor E. Solano y Dávila	San Luis de la Paz	x		
Polypodium microgrammoides Mickel y A.R. Sm.	Ocampo	x		
Portulaca guanajuatensis G. Ocampo	Iturbide	x		
Potentilla butandae Rzedowski y Calderón	Victoria		x	
Sedum glassii Pérez-Calix	Victoria		x	
Sedum mocinianum Pérez-Cálix	Acámbaro	x		
Sisyrinchium guanajuatense Ceja, Espejo y López-Ferrary	San Luis de la Paz		x	
Stachys turneri Rzedowski y Calderón	Victoria		x	
Turbinicarpus alonsoi Glass y S. Arias	Xichú		x	
Zinnia acerosa var. *guanajuatensis* Rzedowski y Calderón	San Luis de la Paz	x		
Total		**13**	**14**	

Fuente: Zamudio y Galván, 2011.
AM= Altiplanicie Mexicana; SMO= Sierra Madre Oriental; ND= No determinado.

laderas muy inclinadas, taludes o paredes rocosas con vegetación de matorrales xerófilos.

Desde el punto de vista de la distribución de las plantas endémicas de Guanajuato por regiones fisiográficas, la mayor parte se concentran en el noreste del estado, en la porción de la Sierra Madre Oriental, principalmente en los municipios de San Luis de la Paz, Victoria y Xichú. La alta concentración de endemismos aquí mencionados se explica por la variabilidad en las condiciones ambientales ocasionada por la accidentada topografía. Otro punto de concentración de endemismos lo constituye el cerro Zamorano, ubicado en el límite de los estados de Guanajuato y Querétaro, que es una montaña que supera los 3 000 msnm, aislada de otras cadenas montañosas (Carranza, 2005).

Por el contrario, es notable la escasez de este tipo de plantas en el sur y en el occidente del estado, donde el relieve es menos accidentado y las condiciones ambientales son más homogéneas, extendiéndose más allá de los límites estatales.

Plantas útiles

No se puede dejar de lado el papel que desempeñan muchas especies de plantas vasculares, silvestres o arraigadas en las zonas de mayor influencia humana, como proveedoras de algún beneficio a la población, llámense medicinales, ornamentales, comestibles, usadas para proveer combustible o sombra. Por ejemplo, Estrada (1984) recopiló datos sobre 256 plantas utilizadas en la medicina tradicional del municipio de Doctor Mora, incluidas en 69 familias, de las cuales una buena parte son nativas del estado; Ocampo-Velázquez (1997) realizó un estudio de las plantas útiles del predio El Cortijo, en el municipio de Dolores Hidalgo, y encontró que de 150 especies registradas en el bosque espinoso, 92% son especies útiles, entre las que recopiló información de 222 usos, incluidos en 20 categorías. Dicha autora encontró también que 51% tienen uso medicinal, 22% son forrajeras, 9% comestibles y 18% restante tiene diversos usos. Por su parte, al estudiar el género *Ipomoea*, Carranza (2001), encontró que 66.6% de las especies tiene un nombre común y más de 50% se utilizan como ornamentales, e igual número como medicinales. Entre las especies nativas de Guanajuato destaca el "chilcuague" (*Heliopsis longipes*), planta cuya raíz se utiliza como saborizante, medicina e insecticida, que sólo crece en el noreste del estado, norte de Querétaro y sur de San Luis Potosí, y que ha sido objeto de estudios desde mediados de siglo XX (Little, 1948) y que al parecer en la actualidad se empieza a cultivar en la zona (Carranza, 2005).

Ocampo-Velázquez (1997) concluye que es necesario y urgente documentar el conocimiento tradicional ya que se está perdiendo, además de que el deterioro de los ecosistemas continúa trayendo como consecuencia la pérdida de la biodiversidad.

Malezas

Las plantas consideradas como "malezas" o "malas hierbas" son aquellas que crecen de forma espontánea entre las plantas cultivadas, compiten con ellas por espacio y nutrientes e interfieren en su crecimiento y producción, lo que ocasiona pérdidas a la agricultura, a la ganadería y a otros tipos de labor económica o doméstica; por lo que son reconocidas como nocivas para estas actividades humanas (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2004).

No se ha cuantificado hasta ahora el número de malezas que crecen en el estado, pero se han hecho algunas estimaciones a nivel regional; por ejemplo, se calcula que alrededor de 9.5% de las plantas registradas en el listado florístico de los pastizales calcífilos de Guanajuato son malezas (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1995) y la cifra se incrementa hasta 18% para la flora del jardín botánico El Charco del Ingenio, en San Miguel de Allende (Meagher, 1994). Por su parte, Calderón de Rzedowski y Rzedowski (2004), describen e ilustran 260 especies de malezas de la región de Salvatierra, y con respecto a su origen afirman que muchas son plantas que el hombre ha transportado intencional o involuntariamente de un lugar a otro. Algunas han sido introducidas a México provenientes de otros países; por ejemplo, la higuerilla (*Ricinus communis*), el castillo (*Leonotis nepetifolia*) y el pasto colorado (*Melinis repens*), fueron traídos de África; mientras que un buen contingente de malezas son especies de origen

europeo y de la región mediterránea, como: el abrojo (*Picris echioides*), la alfalfa cimarrona (*Melilotus alba*), la avena cimarrona (*Avena fatua*), la carretilla (*Medicago polymorpha*), el diente de león (*Taraxacum officinale*), la lechona (*Sonchus oleraceus*), la lengua de vaca (*Rumex pulcher*), el llantén (*Plantago major*), la malva (*Malva parviflora*), la mostaza (*Brassica rapa*), el quiebra plato (*Convolvulus arvensis*) y el saramago (*Eruca vesicaria* ssp. *sativa*). De menor cuantía son las introducidas desde Sudamérica, entre las que destacan la "buena moza" (*Nicotiana glauca*), el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), la verbenosa (*Acalypha infesta*), entre otras muchas.

Sin embargo, más de la mitad de las especies de malezas de la región de Salvatierra son plantas nativas de México y Mesoamérica y muchas de ellas deben haber existido desde los tiempos prehispánicos. Este es el caso de la aceitilla (*Bidens pilosa*), andan (*Simsia amplexicaule*), chicalote (*Argemone ochroleuca*), cinco llagas (*Tagetes lunulata*), epazote (*Chenopodium ambrosioides*), estrellita (*Galinsoga quadriradiata*), flor de elote (*Castilleja arvensis*), mirasol (*Cosmos bipinnatus*), quelite (*Amaranthus hybridus*), toloache (*Datura stramonium*), zarza (*Sicyos microphyllus*) y muchas otras.

Especies amenazadas o en peligro de extinción

Al comparar la lista de especies de plantas vasculares de Guanajuato con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, se encontró que 44 especies se reconocen como amenazadas o con protección especial de las cuales cinco se encuentran en peligro de extinción: *Aporocactus flagelliformis, Diospyros xolocotzii, Hymenocallis concinna, Litsea glaucessens* y *Mammillaria herrerae* se consideran en peligro de extinción. Como se aprecia en el cuadro 6, de estas especies, 31 son endémicas de México o de áreas más reducidas dentro del territorio nacional y sólo cuatro tienen áreas de distribución que sobrepasa los límites geográficos del país.

Bárcenas (1999), ya había señalado dentro de la familia Cactacea a las siguientes especies incluidas en la Norma Mexicana:

Aporocactus flagelliformis	R
Astrophytum ornatum	A
Echinocactus platyacanthus	P
Hamatocactus crassihamatus	A
Mammillaria candida	A
Mammillaria hahniana	A
Mammillaria herrerae	PE
Mammillaria longimamma	A
Mammillaria microhelia	R
Mammillaria nana	R
Mammillaria rettigiana	R
Mammillaria schiedeana	A
Mammillaria zeilmanniana	R
Mammillaria zephyranthoides	A
Stenocacthus coptogonus	R
Strombocactus disciformis	A

R = Rara, A = Amenazada, P = Sujeta a protección especial, PE = Peligro de extinción.

El mismo autor sugiere otras especies que deberían ser incluidas en la Norma Mexicana a: *Coryphantha jalpanensis, Ferocactus macrodiscus, Mammillaria herectohamata, Mammillaria multihamata, Mammillaria seildeliana, Stenocactus wippermanni* y *Turbinicarpus alonsoi.*

Bárcenas (1999) también considera que algunas de estas cactáceas deberían de ser incluidas en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), por estar sometidas a grandes presiones de colecta con fines ornamentales. Dentro de dichas especies se pueden mencionar: *Hamatocactus crassihamatus, Mammillaria herrerae, Mammillaria longimamma, Mammillaria multihamata, Stenocactus coptogonus.*

Por su parte, Martínez (1999) registra para la Sierra de Santa Rosa a las siguientes especies mencionadas en la NOM-059-ECOL-1994:

Selaginella porphyrospora	PE
Gentiana spathacea	R
Zigadenus virescens	R

Aunque son pocas las especies de Guanajuato registradas hasta ahora en la Norma Mexicana, esto no significa que el grueso de la flora estatal se encuentre en óptimas condiciones para su conservación y habrá que establecer programas de estudio y monitoreo permanentes para elaborar un diagnóstico más detallado de la situación de un amplio contingente de la flo-

Cuadro 6. Especies de Guanajuato incluidas en alguna categoría en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Familia	Género	Especie	Categoría	Distribución
Amarillidacea	*Hymenocallis*	*concinna*	P	Endémica de México
Cupressaceae	*Cupressus*	*lusitanica*	Pr	México y Centroamérica
Betulaceae	*Ostrya*	*virginiana*	Pr	Norteamérica
Cactaceae	*Aporocactus*	*flagelliformis*	P	Endémica de México
Cactaceae	*Astrophytum*	*ornatum*	A	Endémica de México
Cactaceae	*Coryphantha*	*elephantidens*	A	Endémica de México
Cactaceae	*Echinocactus*	*platyacanthus*	Pr	Endémica de México
Cactaceae	*Echinocereus*	*pulchellus*	Pr	Endémica de México
Cactaceae	*Glandulicactus*	*crassihamatus*	A	Endémica de México
Cactaceae	*Ferocactus*	*histrix*	Pr	Endémica de México
Cactaceae	*Mammillaria*	*aurihamata*	Pr	Endémica de México
Cactaceae	*Mammilaria*	*bocasana*	Pr	Endémica de México
Cactaceae	*Mammillaria*	*candida*	A	Endémica de México
Cactaceae	*Mammillaria*	*erythrosperma*	A	Endémica de México
Cactaceae	*Mammillaria*	*hahniana*	A	Endémica de México
Cactaceae	*Mammillaria*	*herrerae*	P	Endémica de México
Cactaceae	*Mammillaria*	*longimamma*	A	Endémica de México
Cactaceae	*Mammillaria*	*microhelia*	Pr	Endémica de México
Cactaceae	*Mammillaria*	*nana*	Pr	Endémica de México
Cactaceae	*Mammillaria*	*parkinsonii*	Pr	Endémica de México
Cactaceae	*Mammillaria*	*rettigiana*	Pr	Endémica de México
Cactaceae	*Mammillaria*	*schiedeana*	A	Endémica de México
Cactaceae	*Mammillaria*	*zeilmanniana*	Pr	Endémica de México
Cactaceae	*Mammillaria*	*zephyranthoides*	A	Endémica de México
Cactaceae	*Stenocactus*	*coptogonus*	Pr	Endémica de México
Cactaceae	*Strombocactus*	*disciformis*	A	Endémica de México
Cactaceae	*Thelocactus*	*leucacanthus*	Pr	Endémica de México
Compositae	*Dahlia*	*scapigera*	Pr	Endémica de México
Ebenaceae	*Diospyros*	*xolocotzii*	P	Endémica de México
Gentianaceae	*Gentiana*	*spathaceae*	Pr	Endémica de México
Fabaceae	*Trifolium*	*wormskiolli*	A	No endémica
Juncaginacea	*Triglochin*	*mexicanum*	A	No endémica
Lauraceae	*Litsea*	*glaucescens*	P	No endémica
Leguminosae	*Albizia*	*plurijuga*	A	Endémica de México
Leguminosae	*Erythrina*	*coralloides*	A	Endémica de México
Meliaceae	*Cedrela*	*dugesii*	Pr	Endémica de México
Melianthaceae	*Zigandenus*	*virescens*	Pr	No endémica
Nolinaceae	*Calibanus*	*hookeri*	A	Endémica de México
Nymphaceae	Nymphaea	*gracilis*	A	Endémica de México
Orchidaceae	*Galeottiella*	*sarcoglossa*	Pr	México y Guatemala
Orchidaceae	*Laelia*	*speciosa*	Pr	Endémica de México

Cuadro 6. Continuación.

Familia	Género	Especie	Categoría	Distribución
Palmae	*Brahea*	*berlandieri*	Pr	Endémica de México
Pyrolaceae	*Monotropa*	*hypopitys*	Pr	No endémica
Valerianaceae	*Valeriana*	*pratensis*	Pr	Endémica de México

P = en peligro de extinción; Pr = sujeta a protección especial; A = amenazada.

ra local; sobre todo de las plantas raras o endémicas, con distribución restringida a Guanajuato y a alguno de los estados vecinos.

Agradecimientos

Deseo agradecer la valiosa ayuda de la M. en C. Karina M. Grajales Tam en la revisión de la literatura para la compilación y revisión de la lista florística del estado. Asimismo agradezco a la M. en C. Mirna Ambrosio por proporcionarme la información disponible sobre las plantas de Guanajuato en la base de datos del Herbario IEB y al doctor Víctor W. Steinmann, por la revisión de las especies de la familia Euphorbiaceae.

Literatura citada

Aguilera, L.I. 1991. *Estudio florístico y sinecológico de la vegetación en el cráter "Hoya del Rincón de Parangueo"*, Valle de Santiago, Guanajuato, tesis de maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados (CP) .

Bárcenas, R.T. 1999. *Patrones de distribución de cactáceas en el estado de Guanajuato*, tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski. 2004. "Manual de malezas de la región de Salvatiera, Guanajuato", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XX.

Carranza, E. 1998. *Las especies del género Ipomoea L. (Convolvulaceae) en el estado de Guanajuato, México: Taxonomía, distribución geográfica y ecológica, usos y conservación*. Tesis de maestría, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).

———. 2001. "Contribución al conocimiento de las plantas del género *Ipomoea* L. (Convolvulaceae) en el estado de Guanajuato, México", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XVIII.

———. 2004. *Análisis taxonómico y fitogeográfico del género Ipomoea* (Convolvulaceae) en la *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, México, tesis doctoral, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).

———. 2005. "Conocimiento actual de la flora y la diversidad vegetal del estado de Guanajuato, México", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XXI.

Delgadillo, C. y A. Cárdenas. 1996. "A preliminary checklist of the mosses of Guanajuato, Mexico", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XI.

Díaz-Barriga, H. y M. Palacios-Ríos. 1992. "Lista preliminar de especies de pteridofitas de los estados de Guanajuato, Michoacán y Querétaro (México)", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario III.

Dugès, A. 1990 [1895]. *Flora del estado de Guanajuato*. Gobierno del Estado de Guanajuato, pp. 181-187.

Estrada, E.I. 1984. *Las plantas medicinales y los sistemas tradicionales de curación del municipio de Dr. Mora, Guanajuato*, tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM.

Galván, R., M.A. Barrios y J. Meyrán. 1994. "Plantas suculentas del estado de Guanajuato", *Cact. Suc. Mex.* **1**: 13-17.

García-Mendoza, A.J., M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas. 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza y World Wildlife Fund.

Gold, D.B. 1954. "Visita a Guanajuato-junio de 1954", *Bol. Soc. Bot. Méx.* **17**: 34-35.

———. 1967. "Las cactáceas del estado de Guanajuato", *Cact. Suc. Mex.* **2**: 33-35.

Grether, R. 1974. *Estudio ecológico de Mimosa biuncifera Benth. y Mimosa monancistra Benth., en la cuenca alta del Río de la Laja, Guanajuato*, tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.

Gutierrez-Gallegos, J.A. 2004. *Flora y fitogeografía de San José Iturbide, Guanajuato México*, tesis de licenciatura, FES Zaragoza, UNAM.

Little, E.L. Jr. 1948. "El chilcuague", *Bol. Soc. Bot. Méx.* **7**: 23-27.

Martínez C., J. 1999. *Estudio florístico y sinecológico en la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato*, tesis de licenciatura, UNAM.

Meagher, W.L. 1994. "Lista de la flora espontánea del jardín botánico 'El Charco del Ingenio', San Miguel de Allende, Guanajuato (México)", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario V.

———. 2007. "Revisión y actualización del inventario de la flora espontánea del Jardín Botánico 'El Charco del Ingenio', San Miguel de Allende, Guanajuato (México)". *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XXII.

Meyrán, J. 1966. Exploración preliminar de una zona del estado de Guanajuato. *Cact. Suc. Mex.* 11(4): 88-92.

———. 1970. Excursión a Tupátaro, Guanajuato. *Cact. Suc. Mex.* **4**: 91-92.

Moran, R. 1971. "*Pachyphytum fittkaui*, a new species from Guanajuato, Mexico". *Cact. Succ. J.* (U.S.) **43**: 26-32.

Ocampo-Velázquez, V. 1997. *Lista florística y plantas útiles del predio El Cortijo, Dolores Hidalgo, Guanajuato*, tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Naturales, UAQ.

Pineda, A. 1978. "La vegetación forestal en el estado de Guanajuato", *Bosques y Fauna* **1**: 31-88.

Quero, H.J. 1984. "La vegetación de las serranías de la cuenca alta del río de La Laja, Guanajuato", *An. Inst. Biol.* **53**: 73-99.

Ramos, L.J. y A. Novelo. 1993. "Vegetación y flora acuáticas de la laguna de Yuriria, Guanajuato", México. *Acta Bot. Mex.* **25**: 61-79.

Rivas, A. 1980. *Estudio sinecológico del municipio de Acámbaro, Guanajuato* (México), tesis de licenciatura, Escuela de Biología, UMSNH.

Rubio, A. 1993. *Contribución al estudio florístico de la Sierra de los Agustinos, Guanajuato, México*, tesis de licenciatura, Escuela de Biología, UMSNH.

Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 1987. "El bosque tropical caducifolio de la región mexicana del Bajío", *Trace* **12**: 12-21.

——— y G. Calderón de Rzedowski. 1989. "Sinopsis numérica de la flora fanerogámica del Valle de México", *Acta Bot. Mex.* **8**: 15-30.

——— y G. Calderón de Rzedowski. 1995. "Los pastizales calcífilos del estado de Guanajuato", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario IX.

———, G. Calderón de Rzedowski y R. Galván. 1996. "Nota sobre la vegetación y la flora del noreste del estado de Guanajuato", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XIV.

———. 1997. "Los principales colectores botánicos de Guanajuato, Querétaro y norte de Michoacán", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XVII.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de Diciembre de 2010.

Sotomayor, J.M., 1998. "Semblanza de Charles Glass", *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* **3**: 70-71.

Toledo, V.M. 1993. "La riqueza florística de México: un análisis para conservacionistas", en S. Guevara, P. Moreno-Casasola y J. Rzedowski (comps.), *Logros y perspectivas del conocimiento de los recursos vegetales de México en vísperas del siglo XXI*. Xalapa, Instituto de Ecología, A.C.

Villarreal, J.A. y E. Estrada. 2008. "Flora de Nuevo León", en *Listados Florísticos de México XXIV*, Instituto de Biología, UNAM.

Zamudio, S. y R. Galván. 2011. "La diversidad vegetal del estado de Guanajuato", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XXVII.

IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS FILOGENÉTICOS EN LA BIODIVERSIDAD DE PLANTAS NATIVAS



Raúl Álvarez Venegas

La conservación de la biodiversidad tiene dos enfoques: preservar especies gravemente amenazadas debido a lo reducido de su población o preservar el hábitat. La tarea científica puede reducirse entonces a escoger las localidades para su preservación, con el objetivo de proteger tal proporción de biodiversidad en el largo plazo (Crozier *et al*., 1999).

Aunque el enfoque anterior resulta útil para los objetivos inmediatos de conservación, considera sólo una parte del problema. Por ejemplo, ¿serán las especies protegidas en áreas ricas en especies endémicas las correctas para el mantenimiento futuro de la biodiversidad? O bien, ¿deberá impulsarse la conservación de especies en regiones donde existen plantas o animales de uso potencial, por ejemplo, plantas con propiedades farmacéuticas? Si bien no existen aún respuestas a estas interrogantes, resulta imperativo incluir un componente filogenético explícito al concepto y medida de la biodiversidad, siendo la filogenética (determinación de la historia evolutiva de los organismos) una de las herramientas más eficaces para determinar las áreas críticas que requieren de un sólido manejo ambiental y con el fin de proteger el proceso activo de la evolución contemporánea. Esta herramienta permite hacer predicciones de cualidades aún no observables que pueden ser directamente aplicables para la toma de decisiones en programas de conservación. De esta forma, especies o taxones monotípicos en un árbol filogenético a menudo hacen contribuciones relativamente grandes a la diversidad, por lo que deben obtener una alta prioridad en políticas de conservación (figura 1). Así, es necesario no sólo conservar tanta diversidad de especies como sea posible, sino también conservar grupos de especies que incluyan tanta historia evolutiva como sea posible (Vane-Wright

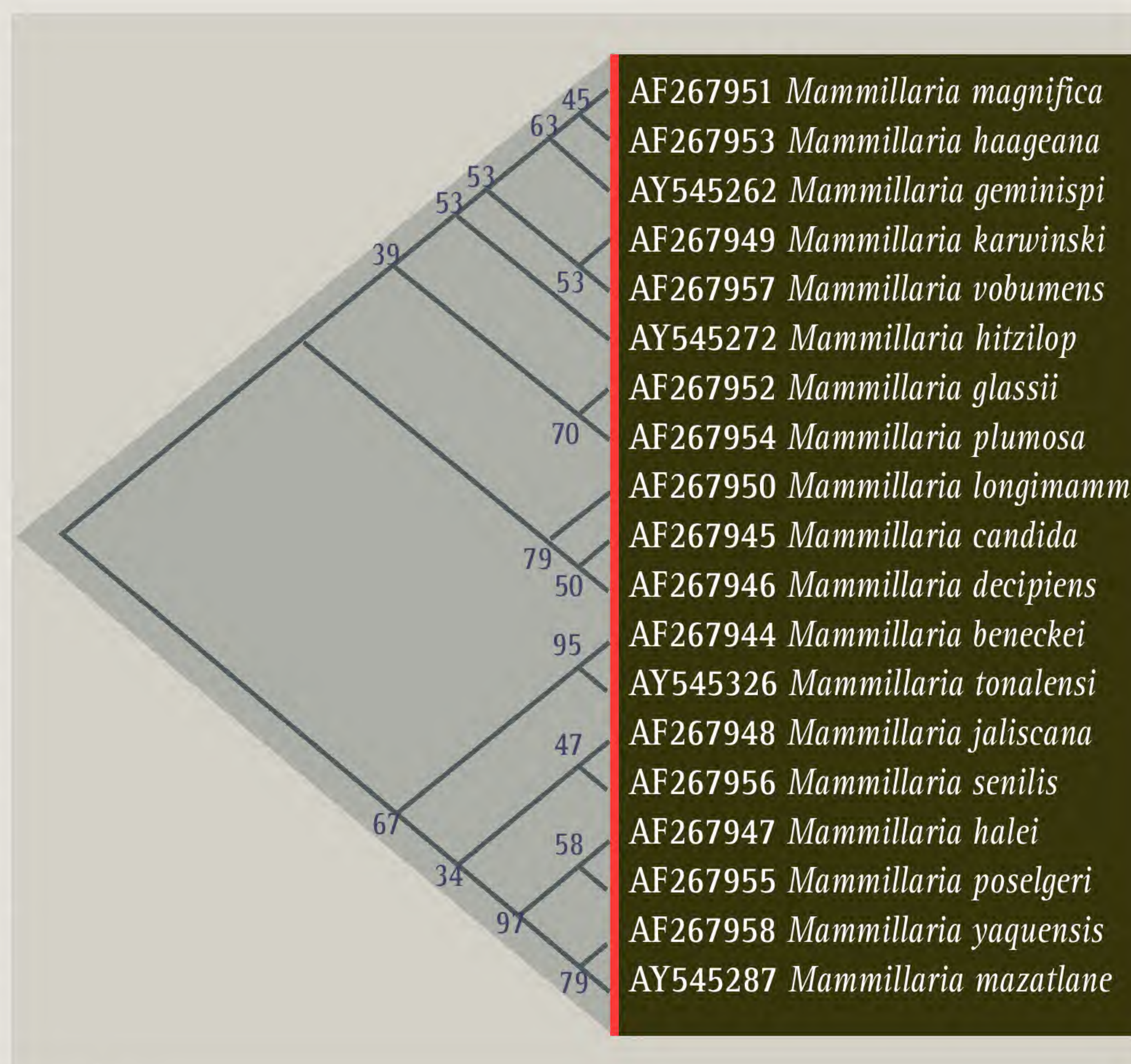


Figura 1. Ejemplo de la relación evolutiva de 19 especies pertenecientes al género *Mammillaria* con base en la secuencia intrónica del gene rpl16. De acuerdo a este ejemplo, especies monotípicas como *M. huitzilopochtli* poseerán una mayor historia evolutiva. Datos adicionales, información genética y un muestreo más intenso de especies endémicas mexicanas son necesarios con el fin de evaluar más robustamente estas especies. Los nombres de las especies son antecedidos por el número de acceso (GenBank) de las secuencias génicas. La historia evolutiva fue inferida utilizando el método de Neighbor-Joining (NJ) y empleando el modelo “Maximum Composite Likelihood”. Para generar el árbol filogenético consenso se realizó el análisis de “bootstrap” con 1 000 réplicas. Los números en los nodos del árbol corresponden al análisis de “bootstrap”. El análisis filogenético se llevó a cabo con el programa MEGA4. Fuente: Raúl Álvarez Venegas.

Álvarez Venegas, R. 2012. “Importancia de los estudios filogenéticos en la biodiversidad de plantas nativas” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 109-110.

et al., 1991; Erwin, 1991; Vázquez y Gittleman, 1998; King, 2009). Si consideramos que de las 31 taxa endémicas a Guanajuato descritas en los últimos 100 años (Carranza-González, 2005), no se ha realizado estudio alguno (genético o filogenético) para su preservación y de las cuales por lo menos tres (*Mammillaria albiflora, Mammillaria hahniana, Turbinicarpus alonsoi*) se encuentran amenazadas o en peligro de extinción, resulta primordial determinar la contribución de estas especies a la diversidad, así como establecer su historia evolutiva.

Literatura citada

Carranza-González, E. 2005. "Conocimiento actual de la flora y la diversidad vegetal del estado de Guanajuato, México", en *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XXI, diciembre de 2005. Trabajo presentado en la "Primera Semana Estatal de Ecología, Guanajuato 2002", Universidad de Guanajuato e Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, del 3 a 7 de junio de 2002, Guanajuato.

Crozier, R.H., K. Pedersen y P.M. Agapow. 1999. "Phylogenetic assessment of total biodiversity", en W. Ponder y D. Lunney (eds.), *The other 99%: the conservation and biodiversity of invertebrates.* Series: Transactions of the Royal Zoological Society of New South Wales, pp. 30-33.

Erwin, T.L. 1991. "An evolutionary basis for conservation strategies", *Science* **253**: 750-752.

King, I. 2009. "The need for the incorporation of phylogeny in the measurement of biological diversity, with special reference to ecosystem functioning research", *BioEssays* **31**: 107-116.

Vane-Wright, R.I., C.J. Humphries y P.H. Williams. 1991. "What to protect? – Systematics and the agony of choice", *Biological Conservation* **55**: 235-254.

Vázquez, D.P. y J.L. Gittleman. 1998. "Biodiversity conservation: Does phylogeny matter?" *Current Biology* **8**: 379-381.

PLANTAS ACUÁTICAS

Mahinda Martínez | Luis Hernández-Sandoval

Las plantas vasculares acuáticas constituyen un grupo de helechos, gimnospermas y angiospermas unidas exclusivamente por su afinidad al agua. Pueden ser plantas que sólo crecen dentro del agua (acuáticas estrictas), o bien que estén asociadas a suelos saturados (subacuáticas) y en ambos casos presentan adaptaciones morfológicas, anatómicas o fisiológicas para vivir en este medio. Algunas malezas son capaces de soportar periodos de inundación pero no se reconocen como acuáticas debido a que, por no presentar adaptaciones, mueren después de algún tiempo. Lot *et al.* (1993) estiman que en México hay 747 especies que crecen en aguas dulces, salobres o salinas, lo cual corresponde aproximadamente a 13% de la riqueza mundial. De plantas que se desarrollan exclusivamente en agua dulce, los mismos autores proponen que existen 733 especies en el país. Por otro lado, Rzedowski (1992) considera que 3% de la flora fanerogámica de México es acuática, por lo que se calculan alrededor de 1 000 especies, de las cuales 15% son endémicas (Rzedowski, 1991).

Las plantas acuáticas se desarrollan preferentemente en ambientes lénticos (aguas quietas) como lagos, presas y charcas. También crecen en ambientes lóticos (ríos y arroyos), pero prefieren las zonas de pozas y remansos (figura 1) que las aguas rápidas. Los árboles y arbustos de estas especies se establecen en las orillas de cualquier cuerpo de agua permanente, en las presas y los canales de riego, así como los bordos, que son los lugares más pobres en términos de número de especies, siendo casi siempre malezas las que ahí crecen.

Estas plantas son muy importantes en los lugares en los que se desarrollan, ya que aquellas que están sumergidas aportan importantes cantidades de oxígeno al agua, mientras que las flotadoras evaporan agua y aumentan la sedimentación de partículas suspendidas. Los árboles y las plantas herbáceas de los márgenes estabilizan los bordes, filtran el exceso de nutrientes impidiendo que lleguen al agua y proporcionan sombra y refugio a la fauna. Muchas tienen alto potencial ornamental (como las *Nymphaea* o *Sagittaria*, figura 2) y varias se colectan para hacer artesanías, como los tules (*Typha* figura 3, *Schoenoplectus*). Lamentablemente, las plantas acuáticas son más conocidas por los problemas que causan, ya que algunas especies, como el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), propician azolves, pérdida de especies deseables (peces comestibles), aumento de fauna nociva (mosquitos y otros vectores de en-

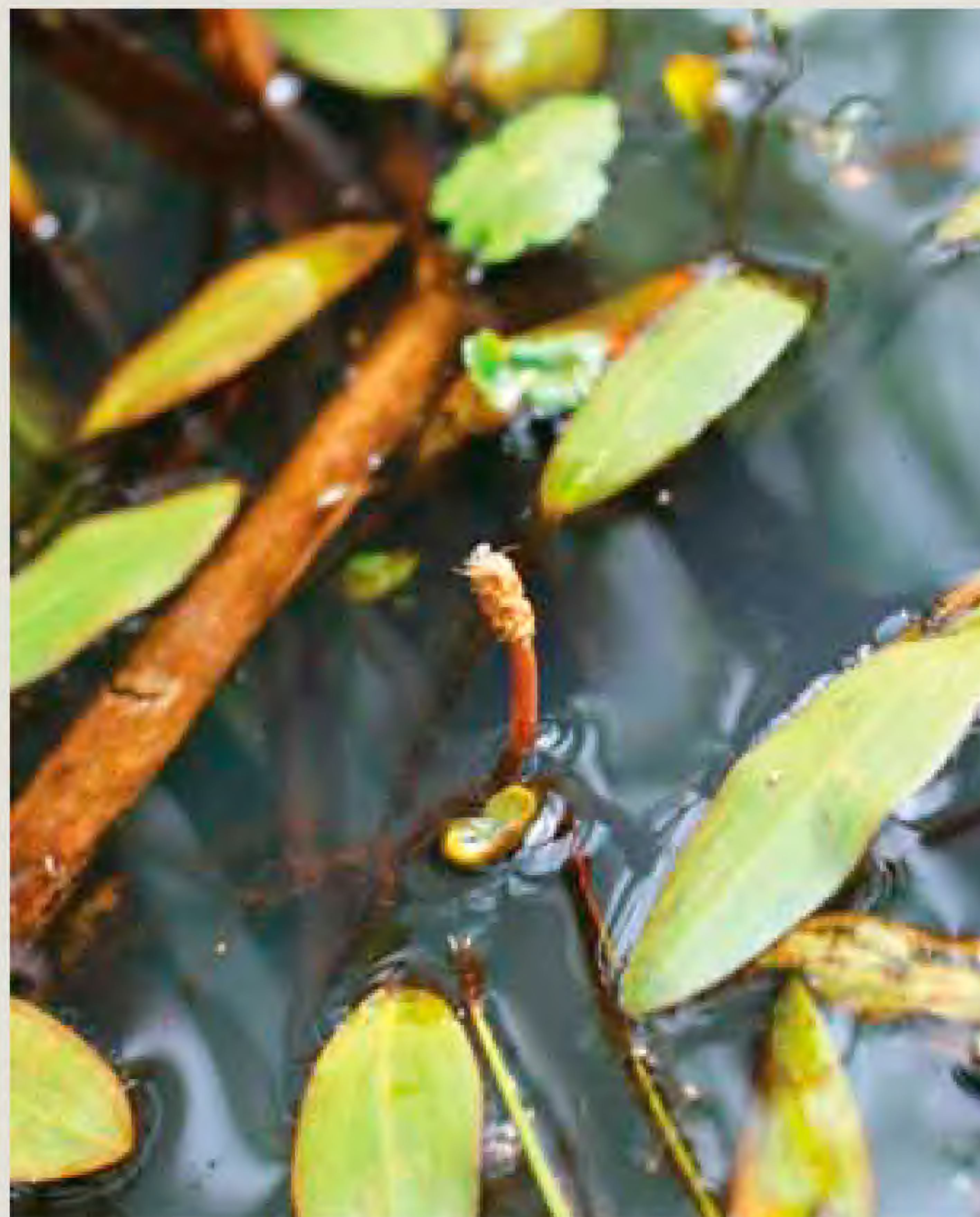


Figura 1. *Potamogeton nodosus*, hierba enraizada sumergida en la que sobresalen hojas flotantes e inflorescencia, común en presas (fotografía de Mahinda Martínez).

Martínez, M. y L. G. Hernández-Sandoval. 2012. "Plantas acuáticas" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 111-114.



Figura 2. *Sagittaria longiloba*, hierba enraizada emergente que se desarrolla en charcos temporales (fotografía de Mahinda Martínez).



Figura 3. *Typha latifolia*, hierba enraizada emergente es una de las plantas acuáticas con mayor distribución en Guanajuato (fotografía de Mahinda Martínez).

fermedades) y deterioran en general los ambientes en los que se desarrollan.

Para Guanajuato, encontramos 104 especies de acuáticas y subacuáticas, seis de las cuales son helechos, una gimnosperma y el resto son angiospermas. Las formas de vida se encuentran enlistadas en el cuadro 1.

Las seis familias más diversas en Guanajuato se encuentran en el cuadro 2. El resto de las familias tienen uno o dos géneros, con dos o tres especies cada uno, excepto por *Juncaceace*, que tiene un género con siete especies.

La mayoría de las plantas acuáticas de Guanajuato son de amplia distribución, como sucede en general con las acuáticas de México. Sin embargo, en el país se presentan dos especies endémicas, una de ellas endémica de Guanajuato y probablemente extinta (*Sibara mexicana*) y otra a México (*Utricularia perversa*). Entre las plantas raras y que parecen estar en peligro de desaparecer del estado se pueden mencionar a

Cuadro 1. Formas de vida de las plantas acuáticas y subacuáticas, obtenidas a partir de este trabajo.

Formas de vida	Núm. de especies
Árboles y arbustos	
Árboles	8
Arbustos	2
Herbáceas hidrófitas	
Enraizadas emergentes (tallo, hojas y flores por encima del nivel de agua)	68
Enraizadas sumergidas	8
Libres flotadoras	8
Hojas flotantes	6
Tallos postrados	1
Libres sumergidas	3

Fuente: Mahinda Martínez y Luis Hernández-Sandoval.

Cuadro 2. Las seis familias de plantas con más especies acuáticas y subacuáticas.

Familias	Géneros	Especies
Cyperaceae	5	16
Poaceae	5	6
Asteraceae	5	6
Lemnaceae	3	5
Apiaceae	3	3
Pontederiaceae	2	5

Fuente: Mahinda Martínez y Luis Hernández-Sandoval.

Eriocaulon bilobatum, Sagittaria demersa, Utricularia foliosa, U. perversa y *Polygonum amphibium*. Algunas de estas especies se presentan de forma abundante en las localidades donde crecen, pero dado que son plantas de ambientes frecuentemente eliminados por construcción o desecación, pueden desaparecer rápidamente.

Distribución

En cuanto a su distribución, la mayor concentración de especies se encuentra en la laguna de Yuriria, municipio de Yuriria, donde Ramos-Ventura y Novelo (1993) encontraron 47 especies de 25 familias de plantas vasculares. En los ambientes temporales, los charcos más diversos que se han colectado cuentan con ocho especies, lo que resulta muy pobre si se compara con algunos ambientes temporales descritos para Querétaro (Martínez y García, 2001), en los que se llegan a desarrollar hasta 31 especies. Es posible que esto se deba a la falta de un programa más intenso de colecta, sin embargo, los charcos encontrados hasta la fecha abarcan superficies más pequeñas que los encontrados en Querétaro, lo cual puede explicar tales observaciones. Los ríos son de los ambientes más pobres en cuanto al número de especies, ya que algunos ríos tienen ocho especies, mientras que en los más diversos se han encontrado hasta 14.

La conservación de las plantas acuáticas en Guanajuato es escasa. Muchos de los ambientes acuáticos (sobre todo ríos y presas) están contaminados y presentan infestaciones de lirio, a veces de manera temporal, pero casi siempre permanente. En las zonas más azolvadas se establecen tulares de *Typha* sp. que desplazan al resto de la vegetación. En algunos lugares quedan todavía individuos de especies que se han extirpado recientemente de Querétaro, como *Sagittaria latifolia*. Probablemente sea Charco Azul, en el municipio de Xichú, una de las localidades mejor conservadas.

Las principales amenazas para esta vegetación son la desecación de los cuerpos de agua temporales, ya que muchas especies son exclusivas de estos ambientes. Asimismo, la contaminación es un fenómeno que favorece el establecimiento de especies malezoides. Las estrategias

fundamentales de conservación para las plantas acuáticas de Guanajuato son la conservación de ambientes temporales respetando las diferentes etapas de inundación y sequía, evitar el aumento de materia orgánica y fertilizantes en presas y ríos, y evitar la pérdida de la ribera en los causes. Sin duda, es imprescindible establecer medidas que permitan proteger los ríos, evitar la tala del bosque ripario, controlar el lirio en los embalses y evitar que desequen los ambientes temporales.

Literatura citada

Lot, A., A. Novelo y P. Ramírez. 1993. "Diversity of mexican aquatic vascular plant flora", en T.P. Ramamoorthy, R. Bye y J. Fa (eds.), *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*, Nueva York, Oxford University Press, pp. 557-591.

Martínez, M. y A. García-M. 2001. "Flora y Vegetación Acuática de localidades selectas del estado de Querétaro", *Acta Botánica Mexicana* **54**: 1-23.

Ramos-Ventura L. y A. Novelo. 1993. "Vegetación y flora acuáticas de la Laguna de Yuriria, Guanajuato, México", *Acta Botánica Mexicana* **25**: 61-79.

Rzedowski, J. 1991. "El endemismo de la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar", *Acta Botánica Mexicana* **15**: 47-64.

———. 1992. "Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México", en G. Halffter (comp.), *La diversidad biológica de Iberoamérica* I. Xalapa, Instituto de Ecología, A.C. (Inecol), *Acta Zoológica Mexicana*, volumen especial: 313-335.

LISTA PRELIMINAR DE ÁRBOLES SILVESTRES

Jerzy Rzedowski | Graciela Calderón de Rzedowski

En tiempos pretéritos, anteriores al desarrollo intensivo de la agricultura, de la ganadería y de la minería, aproximadamente la mitad del territorio del estado de Guanajuato poseía una cubierta vegetal arbolada.

Hoy esta superficie se ha reducido a menos de 10%, y de la mayor parte de los bosques no quedan sino escasos reductos. Muchas especies de árboles abundantes en épocas anteriores ya no son fáciles de encontrar y seguramente algunas se han extinguido por completo, al menos en la región.

En esta contribución se pretende presentar el inventario que se debe realizar de la diversidad actual de los árboles que se pueden encontrar creciendo de forma silvestre en el estado. El censo se basa sustancialmente en los ejemplares existentes en el herbario del Centro Regional del Bajío del Instituto de Ecología, A.C. (IEB) y se apoya también en los trabajos de Rzedowski y Calderón de Rzedowski (1987), de Rzedowski *et al.* (1996) y de Terrones Rincón *et al.* (2004). Dado el grado de avance del esfuerzo exploratorio del territorio del estado, es de esperar que incluye al menos 90% de la riqueza total correspondiente.

Para la integración de esta lista se han definido dos categorías de plantas, no siempre fáciles de diferenciar:

1. Las especies que se manifiestan por lo general en la entidad, como árboles, aunque a veces pueden asumir la forma de arbusto.
2. Las que comúnmente se observan como arbustos, pero en ocasiones se presentan en calidad de árboles.

Las del segundo conjunto se incluyen en el inventario para propósitos informativos, pero no se toman en cuenta en la siguiente discusión y apreciaciones numéricas.

De las 165 especies censadas, tres (*Annona cherimola, Melia azedarach* y *Schinus molle*) definitivamente no son nativas de México, y otras tres más (*Carya illinoinensis, Parkinsonia aculeata* y *Psidium guajava*) no lo son, con toda probabilidad, de Guanajuato.

El conjunto de los verdaderos árboles significa aproximadamente 6% de la flora fanerogámica del estado, proporción que supera la de muchas regiones del centro y norte del país, como el Valle de México (3.1%) y Coahuila (4.2%), aunque se queda muy atrás de la de sureste de la República, como por ejemplo de Quintana Roo (23.3%) y de Tabasco (22.5%).

Los árboles silvestres del estado son de estatura baja a mediana y pocos son los que alcanzan tallas mayores de 15 m. En su gran mayoría son caducifolios, aunque varía mucho entre ellos el largo de la temporada en que permanecen sin follaje.

La lista anexa (cuadro 1) incluye el binomio científico de cada especie, seguido del nombre común más usado en la región. En algunos casos no se ha logrado encontrar este último, por lo que a veces falta en el texto, o bien, el que figura procede de alguno de los estados vecinos. En el mismo renglón se proporciona la información correspondiente a la ubicación geográfica y ecológica del árbol en cuestión.

Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2012. "Lista preliminar de árboles silvestres" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 115-124.

8 Capítulo

Cuadro 1. Listado preliminar de árboles silvestres.

Nombre científico	Rareza	Nombre local	baj	ec	pm	sg	vr
Abies religiosa (H.B.K.) Cham. & Schltdl.	R	pinabete		x			
* *Acacia amentacea* DC.		gavia				x	
Acacia berlandieri Benth.		mezquitillo				x	
Acacia coulteri Benth.		guaje				x	
* *Acacia farnesiana* (L.) Willd.		huizache	x		x	x	
Acacia mammifera Schltdl.	R					x	
Acacia parviflora Little		mezquitillo				x	
Acacia pennatula (Schltdl. & Cham.) Benth.		tepame	x			x	
Acacia schaffneri (S. Wats.) F.J. Herm.		huizache chino	x		x		
* *Acaciella angustissima* (Mill.) Britt. & Rose		timbe	x			x	
Acnistus arborescens (L.) Schltdl.	R	tomatillo	x				
Agonandra obtusifolia Standl.		granadillo				x	
Agonandra racemosa (DC.) Standl.		palo de peine	x				
Albizia occidentalis T.S. Brandegee		palo blanco	x				
Alnus acuminata H.B.K.		aile					x
Alnus jorullensis H.B.K.		aile		x			x
Annona cherimola Mill.		chirimoya				x	
* *Annona globiflora* Schltdl.	R	chirimoyilla				x	
Aphananthe monoica (Hemsl.) Leroy	R	ajbate				x	
Aralia humilis Cav.		hormiguillo	x				
* *Aralia regeliana* Marchal.	R					x	
Arbutus arizonica (A. Gray) Sarg.		madroño		x			
Arbutus tessellata Sorensen		madroño		x		x	
Arbutus xalapensis H.B.K.		madroño				x	
Bauhinia coulteri var. *arborescens* Wunderlin		manita de cabra				x	
Bauhinia macranthera Benth. ex Hemsl.		pata de cabra				x	
Berberis gracilis Hartw. ex Benth.		palo amarillo				x	
* *Berberis moranensis* Schultes & Schultes	R	palo amarillo		x			
Bernardia albida Lundell			x				
Brahea berlandieri Bartl.	R	palmito				x	

Cuadro 1. Continuación.

Nombre científico	Rareza	Nombre local	baj	ec	pm	sg	vr
Buddleja cordata H.B.K.		tepozán		x		x	
* *Buddleja parviflora* H.B.K.		aguacatillo		x		x	
Bursera bipinnata (DC.) Engl.		copal chino	x				
Bursera cuneata (Schltdl.) Engl.		copalillo	x				
* *Bursera fagaroides* (H.B.K.) Engl.		xixote	x			x	
Bursera galeottiana Engl.		xiote colorado	x				
Bursera morelensis Ramírez		palo colorado				x	
Bursera palmeri S. Wats.		palo cuchara	x				
Bursera penicillata (DC.) Engl.		copal	x				
Bursera simaruba (L.) Sarg.	R	chaca				x	
* *Caesalpinia pringlei* (Britt. & Rose) Standl.		retama				x	
Capparis incana H.B.K.		palo cenizo				x	
Carya illinoinensis (Wang.) K. Koch		nogal pecanero					x
Carya ovata var. *mexicana* (Engelm. ex Hemsl.) W.E. Manning	R	coní				x	
* *Casimiroa pubescens* Ramírez		zapotillo				x	
Casimiroa edulis Llave		zapote blanco	x			x	
* *Ceanothus caeruleus* Lag.		tlaxiste		x		x	
Cedrela dugesii S. Wats.		nogalillo	x			x	
Ceiba aesculifolia (H.B.K.) Britt. & Baker		pochote	x				
Celtis caudata Planch.		palo de zorra	x			x	
Cercocarpus macrophyllus C.K. Schneid.		huasteco				x	
* *Chiococca alba* (L.) Hitchc.	R	crucillo				x	
Cinnamomum pachypodum (Nees) Kostermans		laurelillo				x	x
* *Citharexylum altamiranum* Greenm.						x	
* *Citharexylum berlandieri* B.L. Rob.		pasilla				x	
Clethra mexicana DC.	R	jaboncillo		x			
Colubrina elliptica (Sw.) Brizicky & Stern		amole				x	
* *Colubrina greggii* S. Wats.		vara prieta				x	
Colubrina triflora Brongn.		membrillo	x				
* *Condalia velutina* I.M. Johnst.		granjeno rojo	x				

Cuadro 1. Continuación.

Nombre científico	Rareza	Nombre local	baj	ec	pm	sg	vr
Conzattia multiflora (B.L. Rob.) Standl.		guajolote	x				
* *Cordia boissieri* DC.		trompillo				x	
Cornus disciflora DC.		mimbre prieto				x	
Cornus excelsa H.B.K.		carindapaz		x		x	
Crataegus mexicana DC.		tejocote		x		x	
Crataegus rosei Eggl.		tejocote colorado		x		x	
Croton reflexifolius H.B.K.		huilote				x	
Cupressus lusitanica Mill.	R	cedro blanco		x			
* *Decatropis bicolor* (Zucc.) Raldk.		cigarrillo				x	
* *Dermatophyllum secundiflorum* (Ort.) B.L. Turner		patol			x	x	
* *Diphysa suberosa* S. Wats.		palo santo	x				
* *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.		ocotillo	x	x	x	x	
Ehretia latifolia DC.		capulín blanco	x				
Erythrina coralloides DC.		colorín	x			x	
Esenbeckia berlandieri Baill.		guayacán				x	
Euphorbia calyculata H.B.K.		chupire	x				
Euphorbia tanquahuete Sessé & Moc.		palo amarillo	x				
* *Exostema caribaeum* (Jacq.) Roem & Schult		pimientillo				x	
Exothea paniculata (Juss.) Radlk.		frutillo				x	
* *Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg.		palo dulce	x		x	x	
Ficus cotinifolia H.B.K.		amate	x				
Ficus jacqueliniae Carvajal & Peña-Pinela		jalamate				x	
Ficus pertusa L.f.		higuerón				x	
* *Forestiera phillyreoides* (Benth.) Torr.		acebuche	x			x	
Forestiera reticulata Torr.						x	
Fraxinus rufescens Lingelsh.		palo blanco	x	x	x	x	
Fraxinus uhdei (Wenzig) Lingelsh.		fresno					x
Garrya laurifolia Benth.		palo azul		x		x	
* *Gochnatia magna* M.C. Johnst.		canastillo				x	
Guazuma ulmifolia Lam.		aquiche				x	

Cuadro 1. Continuación.

Nombre científico	Rareza	Nombre local	baj	ec	pm	sg	vr
* *Harpalyce arborescens* A. Gray		chicharillo				x	
Hauya elegans DC.	R					x	
Havardia pallens (Benth.) Britt. & Rose		tenaza				x	
* *Helietta parvifolia* (A. Gray) Benth.		doxdhá				x	
Heliocarpus terebinthinaceus (DC.) Hochr.		secua	x				
Ilex dugesii Fern.	R	naranjillo		x			
Ilex rubra S. Wats.		aguacatillo loco		x		x	
Ilex tolucana Hemsl.		palo prieto				x	
Ipomoea murucoides Roem. & Schult.		palo bobo	x				
Iresine cassiniiformis Schauer		pico de pájaro	x		x		
Isolatocereus dumortieri (Scheidw.) Backeberg		órgano	x				
Juglans mollis Engelm. ex Hemsl.		nogal				x	
Juniperus flaccida Schltdl.		nebro				x	
Juniperus angosturana R.P. Adams		cedro chino				x	
Juniperus martinezii Pérez de la Rosa		cedro		x			
* *Karwinskia humboldtiana* (Roem. & Schult.) Zucc.		tullidora			x	x	
Krugiodendron ferreum (Vahl) Urban		capulincillo	x			x	
Leucaena macrophylla Benth.	R	guajillo	x				
Leucaena pallida Britt. & Rose	R	guaje		x			
Leucaena pulverulenta (Schtdl.) Benth.	R	efez				x	
Lippia myriocephala Schltdl. & Cham.		palo tierra	x			x	
* *Litsea schaffneri* Bartlett		laurel		x		x	
Lysiloma acapulcense (Kunth) Benth.		tepehuaje	x			x	
Lysiloma microphyllum Benth.		palo de arco	x			x	
Manihot caudata Greenm.		teteque	x				
Melia azedarach L.		paraíso				x	
Mimosa aculeaticarpa Ort.		garabatillo		x			
* *Mimosa benthamii* S.J. Macbr.	R	tehuixtle	x				
Mimosa galeottii Benth.	R	espinerrero	x				
* *Mimosa leucaenoides* Benth.		chaparro prieto				x	

Cuadro 1. Continuación.

Nombre científico	Rareza	Nombre local	baj	ec	pm	sg	vr
* *Mimosa rhodocarpa* (Britt. & Rose) R. Grether	R	espina de gato				x	
Morus celtidifolia H.B.K.	R	mora	x				
Myriocarpa brachystachys S. Wats.		hincha huevos	x				
* *Myrtillocactus geometrizans* (Mart.) Consolle		garambullo	x		x		
* *Neopringlea integrifolia* (Hemsl.) S. Wats.		vidrioso				x	
* *Nicotiana glauca* Graham		buena moza	x		x	x	
* *Nolina parviflora* (H.B.K.) Hemsl	R	palmita				x	
* *Opuntia hyptiacantha* Weber		nopal cascarón	x		x		
* *Opuntia jaliscana* Bravo		nopal	x				
* *Opuntia lasiacantha* Pfeiff.		xoconostle	x		x		
* *Opuntia streptacantha* Lem.		nopal cardón	x		x		
* *Opuntia tomentosa* Salm-Dyck		nopal chamacuero	x				
Osmanthus americanus (L.) A. Gray	R	huesillo				x	
Parkinsonia aculeata L.		junco	x				
Pavonia candida (DC.) Fryx.		acahuita	x				
Persea chamissonis Mez	R					x	
Persea liebmannii Mez	R	aguacatillo		x			
* *Phyllanthus mocinianus* Baill.						x	
Phyllostylon rhamnoides (Poisson) Taub.	R	cerón				x	
* *Phymosia umbellata* (Cav.) Kearney						x	
Pinus ayacahuite Ehrenb. ex Schltdl.	R	pinabete		x			
Pinus cembroides Zucc.		piñón		x		x	
Pinus devoniana Lindl.		pino real				x	
Pinus durangensis Martínez		pino blanco				x	
Pinus leiophylla Schltdl. & Cham.	R	pino chino		x			
Pinus lumholtzii B.L. Rob. & Fern.		pino lacio		x			
Pinus montezumae Lamb.	R	pino		x			
Pinus pseudostrobus Lindl.	R	pino liso		x			
Pinus teocote Schltdl. & Cham.		pino colorado		x		x	
Pistacia mexicana H.B.K.		lantrisco	x			x	
Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth.		guamúchil	x			x	

Cuadro 1. Continuación.

Nombre científico	Rareza	Nombre local	baj	ec	pm	sg	vr
Platanus mexicana Moric.		álamo					x
Plumeria rubra L.	R	cacaloxúchitl				x	
Populus tremuloides Michx.	R	pera		x			
Prosopis laevigata (Humb. & Bonp. ex Willd.) M.C. Johnst.		mezquite	x		x	x	
Prunus rhamnoides Koehne		capulín loco				x	
Prunus serotina Ehrh. ssp. serotina		duraznillo		x			
Prunus serotina ssp. capuli (Cav.) McVaugh		capulín		x			
Prunus serotina ssp. virens (Woot. & Standl.) McVaugh		capulín borracho		x			
Pseudobombax ellipticum (H.B.K.) Dugand		mocoque				x	
* *Pseudosmodingium virletii* (Baill.) Engl.	R	xhangua				x	
Psidium guajava L.		guayaba				x	
* *Ptelea trifoliata* L.		palo zorrillo	x			x	
Quercus affinis Scheidw.		encino escobillo		x		x	
Quercus candicans Née	R	encino de asta		x			
Quercus castanea Née		encino capulincillo		x			
* *Quercus cordifolia* Trel.		encino chaparro		x			
Quercus crassifolia Humb. & Bonpl.		encino roble		x		x	
Quercus crassipes Humb. & Bonpl.		encino saucillo		x			
Quercus deserticola Trel.		encino chilillo	x	x			
Quercus eduardi Trel.		laurelillo		x		x	
Quercus gentryi C.H. Mull.		encino chilillo		x			
Quercus glaucoides Mart. & Gal.		encino blanco	x	x			
Quercus grisea Liebm.		encino chino		x	x		
Quercus jaralensis Trel.	R	encino		x			
Quercus jonesii Trel.		roble		x		x	
Quercus laceyi Small	R	encino				x	
Quercus laeta Liebm.		encino		x		x	
Quercus laurina Humb. & Bonpl.		encino jarillo		x		x	
Quercus mexicana Humb. & Bonpl.		encino		x		x	
* *Quercus microphylla* Née		encino carrasco		x		x	
Quercus obtusata Humb. & Bonpl.		encino roble amarillo		x		x	

Cuadro 1. Continuación.

Nombre científico	Rareza	Nombre local	baj	ec	pm	sg	vr
Quercus polymorpha Cham. & Schltdl.		encino				x	
Quercus potosina Trel.		encino bellota		x		x	
Quercus pungens Liebm.	R	encino blanco				x	
Quercus resinosa Liebm.		roble blanco		x		x	
Quercus rugosa Née		encino avellano		x		x	
Quercus sideroxyla H.B.K.		encino colorado		x		x	
Quercus viminea Trel.		encino laurelillo				x	
* *Randia watsonii* B.L. Rob.		crucita	x			x	
* *Rhamnus serrata* Humb. & Bonpl. ex Schultes				x			
* *Rhus microphylla* Engelm. ex A. Gray		correosa			x		
* *Rhus pachyrrhachis* Hemsl.		lantrisco	x	x			
* *Rhus schiedeana* Schtdl.		chongua				x	
Robinsonella discolor (Rose) E.G. Baker	R					x	
Salix bonplandiana H.B.K.		sauce					x
Salix humboldtiana Willd.		sauz					x
* *Salix paradoxa* H.B.K.	R			x			
* *Salix schaffneri* Schn.		saucillo		x		x	
* *Salix taxifolia* H.B.K.		taray					x
Sambucus nigra ssp. canadensis (L.) R. Bolli		sauco		x			
Sapindus saponaria L.		gualul				x	
Schinus molle L.		pirú	x		x	x	
Schoepfia schreberi J.F. Gmel.		tecolotillo				x	
Sebastiania pavoniana (Mull. Arg.) Mull. Arg.		palo lechero				x	
Senna atomaria (L.) Irwin & Barneby		palo hediondo				x	
* *Senna guatemalensis* var. *hidalgensis* Irwin & Barneby	R					x	
* *Senna multiglandulosa* (Jacq.) Irwin & Barneby		retama china		x			
Senna polyantha (Colladon) Irwin & Barneby		palo fierro	x				
* *Senna septemtrionalis* (Viviani) Irwin & Barneby		cafecillo		x			
* *Senna wislizeni* var. *painteri* (Britt.) Irwin & Barneby	R	comsa				x	
Sesbania longifolia DC.	R	retama	x				

Cuadro 1. Continuación.

Nombre científico	Rareza	Nombre local	baj	ec	pm	sg	vr
* *Sideroxylon altamiranum* (Rose & Standl.) Pennington		capulín				x	
Sideroxylon palmeri (Rose) Pennington		capulín prieto				x	
* *Solanum erianthum* D. Don		sosa				x	
* *Solanum madrense* Fern.		sosa	x				
Stenocereus queretaroensis (Weber) Buxb.		pitayo	x				
Symplocos citrea Lex.	R	garrapato		x			
* *Syringantha coulteri* (Hook.f.) McDowell						x	
Taxodium mucronatum Ten.		sabino					x
* *Tecoma stans* (L.) Juss. ex H.B.K.		tronadora	x			x	
* *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum.	R	petatillo				x	
Thevetia thevetioides (H.B.K.) K. Schum.		fraile	x				
Trichilia havanensis Jacq.		palo estribo				x	
Vauquelinia corymbosa Humb. & Bonpl.		palo alto				x	
* *Verbesina montanoifolia* B.L. Rob. & Greenm.		vara prieta	x				
* *Vernonia paniculata* DC.		vara gruesa	x			x	
Viburnum elatum Benth.		pasilla				x	
Viguiera splendens Panero & E.E. Schilling		trementinillo	x				
Viguiera quinqueradiata (DC.) A. Gray		casitola	x				
* *Ximenia parviflora* Benth.		ciruelillo	x				
Yucca filifera Chabaud		palma	x		x		
* *Zanthoxylum affine* H.B.K.		chivillo	x				

Los asteriscos (*) señalan a las especies que mayormente se presentan en forma arbustiva.
Abreviaturas:
R-Indica que el árbol en cuestión es raro en Guanajuato, pues sólo se conoce en una o unas pocas poblaciones.
baj–especie cuya(s) población(es) se encuentran en la región del Bajío, o sea en las porciones occidental y meridional del estado.
ec–especie propia de bosques de encino o de coníferas de diversas partes del estado, sin incluir la Sierra Gorda.
pm–especie propia de pastizales y matorrales xerófilos del norte y centro del estado.
sg–especie cuya(s) población(es) se localizan en la porción de Guanajuato conocida como la Sierra Gorda (municipios de San Luis de la Paz, Victoria, Xichú, Atarjea y Santa Catarina).
vr–especie propia de la vegetación riparia, o sea la que se localiza a lo largo de las corrientes de agua.

Literatura citada

Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 1987. "El bosque tropical caducifolio de la región mexicana del Bajío", *Trace* **12**: 12-21.

———, G. Calderón de Rzedowski y R. Galván. 1996. "Nota sobre la vegetación y la flora del noreste del estado de Guanajuato", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XIV.

Terrones, R.T. del R., C. González Sánchez y S.A. Ríos Ruiz. 2004. *Arbustivas nativas de uso múltiple de Guanajuato*. Libro técnico núm. 2. Guanajuato, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.

PATRONES DE DIVERSIDAD DE CACTÁCEAS: RETOS Y OPORTUNIDADES PARA SU CONSERVACIÓN



Rolando T. Bárcenas | Héctor M. Hernández

Introducción

Centros de diversidad. La familia Cactaceae es originaria del continente Americano, en donde existen tres centros principales de diversidad de especies, uno en América del Norte, ubicado en la región centro-norte de México hasta el suroeste de los Estados Unidos; otro en las zonas áridas y semiáridas del suroeste andino de Bolivia, Perú, Chile y Argentina; y el tercero en una vasta región del noreste de Brasil. Dentro de estas regiones de diversidad destaca la posición de México por ser el más importante centro de concentración de especies de cactáceas a nivel mundial, con un aproximado de 50 géneros y 650 especies (Hernández *et al.*, 2004*a, b*; Hernández y Gómez-Hinostrosa, 2005; Hunt, 2006; Ortega-Baes *et al.*, 2006).

En el país se reconocen dos áreas particularmente ricas en especies y altos índices de endemismo: la región sureste y este del Desierto Chihuahuense y la Zona Árida Queretano-Hidalguense, ubicadas éstas en las subregiones principal y meridional del Desierto Chihuahuense (Hernández y Gómez-Hinostrosa, 2005), respectivamente. Estas regiones destacan además por ser poseedoras de las concentraciones más altas de cactáceas amenazadas y raras en el mundo (Hernández y Bárcenas, 1995, 1996).

Estado de amenaza

La familia de las cactáceas se encuentra entre los grupos de plantas más amenazados del mundo (Hernández *et al.*, 1996). Los altos índices de endemismo, las bajas tasas de reclutamiento, es decir, el bajo número de individuos nuevos que se integran a la población por nacimiento o inmigración, y los largos ciclos de vida de las especies las colocan en una posición de extrema vulnerabilidad frente a disturbios naturales. Sin embargo, una de las actividades más perturbadoras de la estabilidad natural de las poblaciones es la colecta ilegal selectiva de individuos y semillas de especies amenazadas con fines comerciales y ornamentales (Bárcenas, 2003, 2006). Se ha calculado que alrededor de un tercio de las especies de cactáceas mexicanas se encuentran amenazadas de alguna manera (Hernández y Godínez, 1994; Hernández y Bárcenas, 1996).

Objetivos

Los objetivos centrales de este trabajo son contribuir a llenar el vacío existente en cuanto al conocimiento florístico de Guanajuato a través de la determinación de su diversidad cactológica tanto a escala estatal como municipal, así como sintetizar la información disponible sobre el estado de conservación de las especies.

Métodos

Trabajo de Campo

En este estudio se realizó un trabajo de colecta extensivo dentro de la entidad, en donde se reunieron un total de 980 especímenes de cactáceas provenientes de 140 localidades diferentes. El material botánico colectado se destinó a la producción de ejemplares de herbario por medio del secado convencional en estufas de gas butano y hornos de aire forzado. Los ejemplares fueron depositados en el Herbario Nacional de México (MEXU), con algunos duplicados distribuidos al Herbario del Centro Regional del Bajío del Instituto de Ecología, A.C. (IEB) y al Herbario de la Arizona State University (ASU).

Los análisis realizados incluyen los 980 números colectados durante el transcurso del trabajo de campo, además de 87 registros de espe-

Bárcenas, R. T. y H. M. Hernández. 2012. "Patrones de diversidad de cactáceas: retos y oportunidades para su conservación" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 125-133.

címenes depositados en otros herbarios, dando un total de 1 067 registros.

Resultados

Análisis florístico

Se reportan en el apéndice 1 un total de 21 géneros y 92 especies de cactáceas nativas para la entidad. Cabe mencionar la posible existencia en Guanajuato de algunas especies más no incluidas en el apéndice mencionado, lo cual se confirmará conforme avance la exploración botánica en el estado. Asimismo, existe todavía material herborizado, principalmente de los géneros *Mammillaria, Opuntia* y *Stenocactus*, en espera de ser determinado, con lo cual la riqueza cactológica de Guanajuato podría incrementarse de entre 8 a 10%. De la misma forma, en las diferentes expediciones al campo se observaron especies que, aunque rigurosamente se encontraban fuera de los límites estatales, como *Neobuxbaumia polylopha*, se podría predecir su existencia dentro de los límites geopolíticos del estado.

Guanajuato posee un gran contingente de especies de la subfamilia Cactoideae, en la que radica esencialmente la riqueza del estado, con un total de 18 géneros y 74 especies. La subfamilia Opuntioideae se encuentra representada únicamente por los géneros *Pereskiopsis, Cylindropuntia* y *Opuntia* que, en conjunto, aportan 18 especies. No se reportan especies de la subfamilia Pereskioideae.

El análisis de composición taxonómica (figura 1) muestra la heterogénea distribución de la riqueza de especies por género. Cabe destacar que de los 21 géneros reportados, 12 están representados por una sola especie: *Aporocactus*, *Astrophytum, Hamatocactus, Isolatocereus, Myrtillocactus, Neollоydia, Nyctocereus, Pereskiopsis, Selenicereus, Strombocactus, Thelocactus* y *Turbinicarpus*. De estos 12 géneros, tres son monotípicos, es decir, géneros con solamente una especie, *Isolatocereus, Hamatocactus* y *Neolloydia*. Estos 12 géneros con un solo representante en Guanajuato constituyen 57% de la diversidad genérica pero sólo contienen 13% de la diversidad específica del estado. En el extremo opuesto, existen tres géneros que constituyen 14.3% de la diversidad genérica estatal pero concentran 63% de la diversidad específica, siendo *Mammillaria* el género más rico con 38% (35 spp.) de la diversidad, mientras que *Opuntia* con 14.1% (13 spp.) y *Coryphantha* con 10.9% (10 spp.),

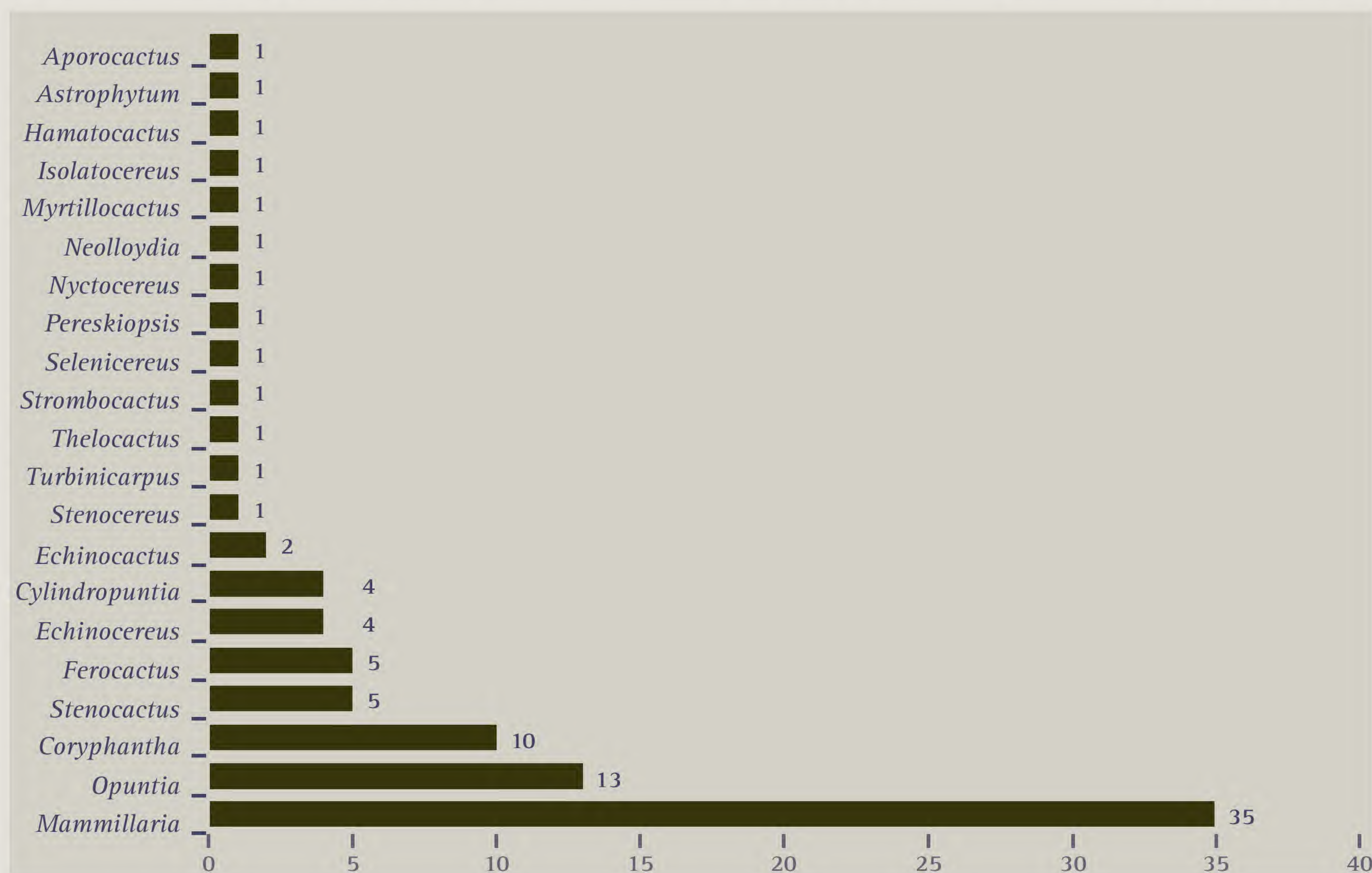


Figura 1. Análisis de composición taxonómica. Fuente: Rolando T. Bárcenas y Héctor M. Hernández.

ocupan el segundo y tercer lugar, respectivamente, en diversidad de especies del estado.

Estado de conservación

El estado de conservación de las especies de cactáceas de Guanajuato se estudió comparando las especies localizadas en el territorio estatal contra los listados oficiales reportados en la Norma Oficial Mexicana-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010) y las especies incluidas en el apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 1973). Estos apéndices de la CITES incluyen en tres categorías diferentes a las especies de flora y fauna que por razones del comercio internacional podrían afectar el equilibrio natural de sus poblaciones naturales.

La NOM-059-SEMARNAT-2010 enlista 19 especies de cactáceas presentes en la entidad incluidas en alguna categoría de protección. Nueve especies (apéndice 1) están catalogadas como amenazadas, ocho se encuentran bajo protección especial y dos en peligro de extinción. Así, el 20.6% de la flora cactológica estatal está incluida en alguna categoría de protección a nivel nacional.

Con respecto a los apéndices de la CITES, la familia completa se encuentra incluida en el apéndice II, con excepción de las especies de los géneros *Pereskia, Pereskiopsis* y *Quiabentia*. Sin embargo, varias especies de cactáceas están incluidas en el apéndice I. En el caso de las cactáceas de Guanajuato solamente dos especies, *Strombocactus disciformis* y *Turbinicarpus alonsoi* (figura 2), se encuentran incluidas en el apéndice I.

Es importante mencionar en este contexto que el estado de conservación de todas las especies de Guanajuato ya ha sido evaluado con los criterios recientes de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Global Cactus Assessment; *http://gca.group.shef.ac.uk/*). Los resultados estarán disponibles para su consulta en 2012.

Diversidad de especies por municipio

Se reportaron especies de cactáceas en sólo 30 de los 46 municipios del estado (apéndice 2). Los 16 municipios en donde no se encontraron especies por falta de registros y falta de colecta son principalmente los municipios de la región del Bajío, en donde la mayor parte de la vegetación natural ha sido devastada desde la colonización española (Challenger, 1998). Sin embargo, hay que reconocer que se podrían confirmar algunos registros cuando se realice trabajo de campo en esta región. El resto de los municipios poseen un variado número de especies, que oscila desde una hasta 46 especies, como es el caso de los municipios del norte (figura 3).

Como es de esperarse, la diversidad de cactáceas se distribuye de manera diferencial en los municipios (figura 4). La región sur, es decir, los municipios pertenecientes a la región del Bajío, poseen de manera general la menor diversidad de especies. Sin embargo, dentro de los municipios del sur destacan Pénjamo y Acámbaro con 14 y 10 especies de cactáceas nativas, respectivamente. La diversidad de especies desciende en los restantes municipios del sur, desde nueve especies en el municipio de Manuel Doblado, hasta una sola especie en el municipio de Jaral. Como se mencionó antes, podría ser que la baja diversidad de cactáceas en esta región se deba al gran impacto que la agricultura ha tenido sobre estas tierras.

Los municipios del norte (figura 4) son los más ricos en especies nativas de cactáceas. Esta región se puede subdividir en dos áreas importantes: la primera es la región noroeste, (figura 3), conformada por los municipios de Ocampo, León, Dolores Hidalgo, San Diego de la Unión, San Felipe y Guanajuato; la segunda es la noreste (figura 3), que comprende los municipios de Allende, San



Figura 2. *Turbinicarpus alonsoi* (fotografía de Rolando T. Bárcenas).

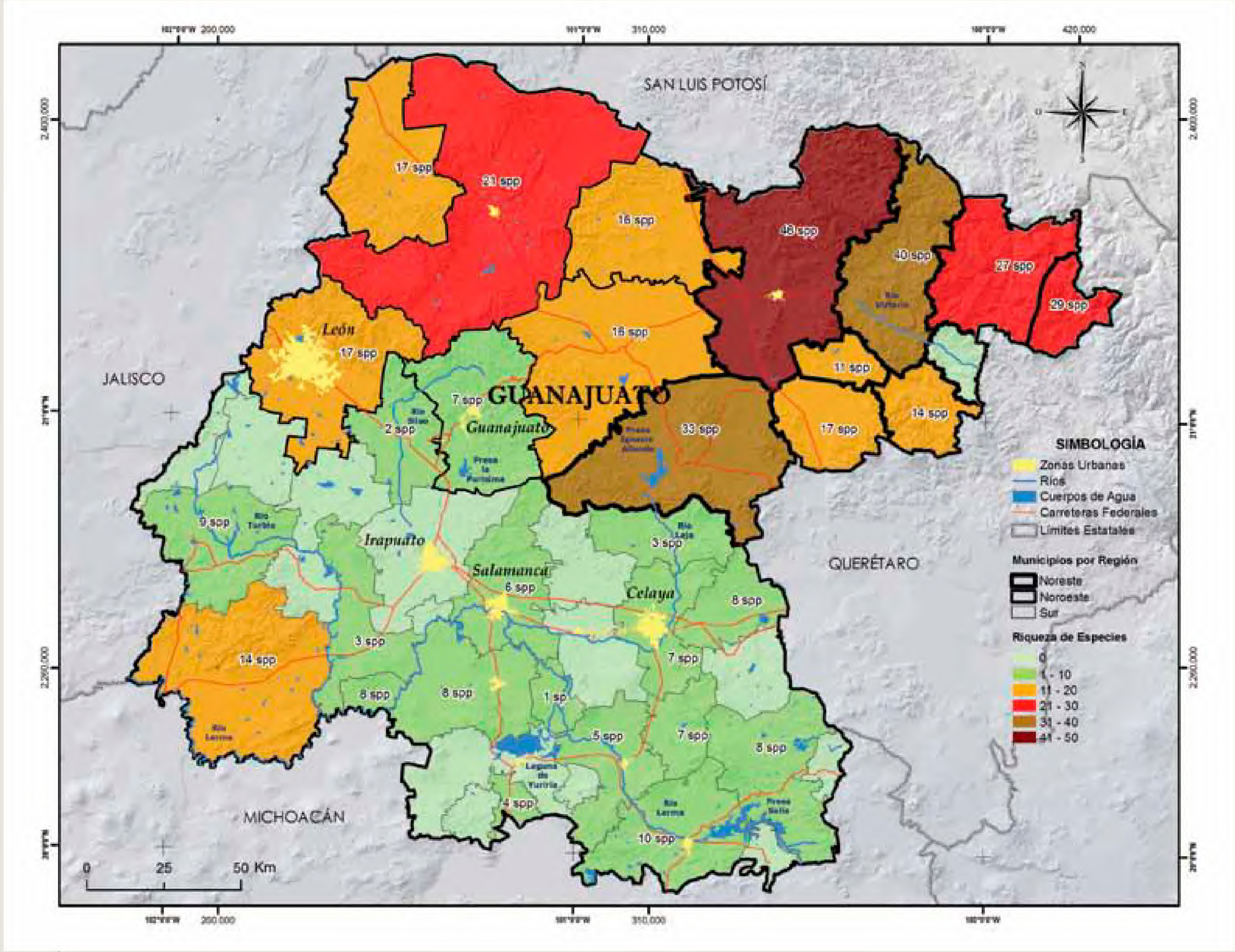


Figura 3. Distribución de la diversidad de cactáceas por municipios. Fuente: Rolando T. Bárcenas y Héctor M. Hernández.

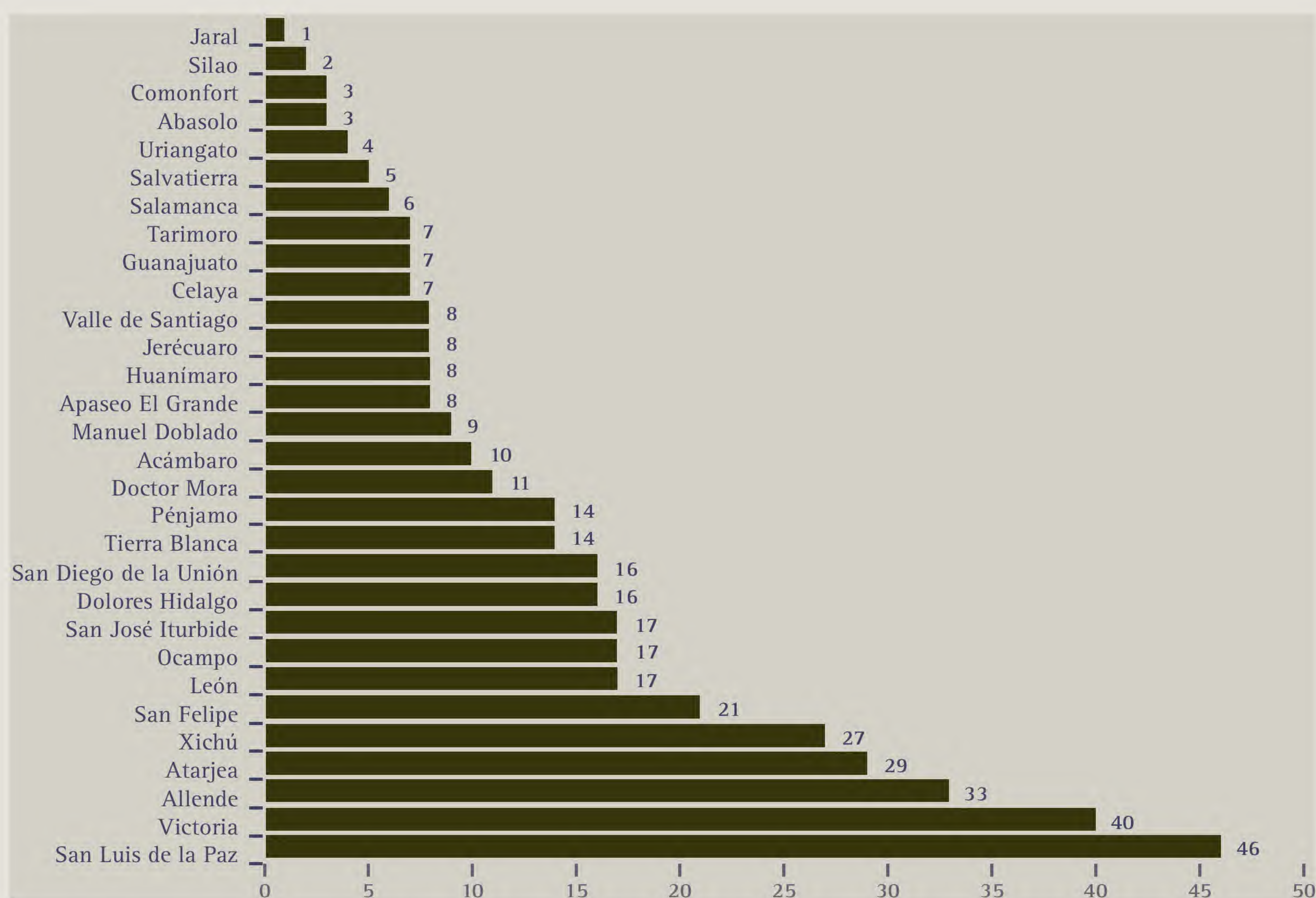


Figura 4. Gráfico de la diversidad cactológica del estado. Fuente: Rolando T. Bárcenas y Héctor M. Hernández.

Luis de la Paz, Victoria, Xichú, Atarjea, Doctor Mora, Tierra Blanca y San José Iturbide.

La región noroeste posee riqueza de niveles variados: los municipios con mayor riqueza de especies son San Felipe con 21 especies, seguido de León y Ocampo con 17 especies cada uno, mientras el municipio con menor número de especies de esta región es el de Guanajuato, con siete especies.

La región noreste concentra a los municipios más ricos en cactáceas de Guanajuato. Dentro de esta región destacan San Luis de la Paz con 46 especies, Victoria con 40 y San Miguel de Allende con 33. Municipios con niveles de riqueza intermedia dentro de esta región noreste son Atarjea con 29 y Xichú con 27 especies de cactáceas nativas. Tres municipios (Doctor Mora, Tierra Blanca y San José Iturbide) poseen riquezas comparativamente bajas, de entre 11, 14 y 17 especies, respectivamente (figura 4).

Discusión

Guanajuato se cataloga como el séptimo estado más rico dentro de la región del Desierto Chihuahuense si consideramos el contingente de especies de cactáceas (Hernández *et al.*, 2004*b*). Dentro de los estados de la disyunta subregión Meridional (Hernández y Gómez-Hinostrosa, 2005), Guanajuato posee un menor número de especies y géneros que Querétaro, lo que posiblemente se deba a la ausencia, en el primero, de los elementos afines a tipos de vegetación más húmedos, como los bosques mesófilos de montaña, así como a una menor diversidad cactológica de su vegetación xerófila. Guanajuato posee, sin embargo, un mayor número de cactáceas que el estado de Hidalgo, aún cuando este estado posee tipos de vegetación no existentes en aquél, como los bosques mesófilos.

La diversidad de cactáceas encontrada en la entidad es producto de la convergencia de tres provincias fisiográficas importantes en el país: la Mesa del Centro, la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico. Estas provincias poseen características geológicas y climáticas propias, aportando cada una repertorios distintivos de especies que configuran un patrón complicado de distribución en el estado. Por otro lado, debido a su posición geográfica, las zonas xerófilas del estado posiblemente conformen una ruta importante entre el cuerpo principal de la región del

desierto Chihuahuense y la subregión Meridional de esta región. Sin embargo, los elementos xerófilos afines a la región del desierto Chihuahuense distribuidos en Guanajuato (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1988, 1995), sugieren, como se ha propuesto anteriormente (Medellín-Leal, 1982), una disyunción del cuerpo principal del Chihuahuense. Por otro lado, las cinco especies de cactáceas endémicas a Guanajuato (apéndice 1), le confieren un cierto grado de independencia florística a esta región, lo que supondría eventos de especiación por aislamiento geográfico.

Dentro del patrón de diversidad, destaca la riqueza de especies de la región noreste, y dentro de esta área la riqueza de los municipios de San Luis de la Paz (46 spp.) y el de Victoria (40 spp.) los ubica como los centros más importantes de diversidad del estado. El municipio de San Luis de la Paz posee una especie menos de las reportadas para todo el estado de Nuevo México, Estados Unidos, que es de 47 especies (Hernández *et al*., 2004*b*), pero concentradas en 0.65% del área de este estado estadounidense.

La riqueza de especies de la región noreste podría ser explicada por la prevalencia de un clima semiárido y una baja precipitación en la mayor parte de esta región; sin embargo, aunado a la convergencia de las provincias fisiográficas en el estado, los efectos históricos de las posibles contracciones y expansiones de la vegetación xerófila de la zona árida Queretano-Hidalguense posiblemente jugaron un papel central en la delimitación de estos patrones de diversidad.

La mayor riqueza de especies de Guanajuato se encuentra en los matorrales xerófilos, albergando un contingente pequeño pero representativo de especies endémicas, lo que apoya ideas previas (Rzedowski, 1962, 1991) en cuanto al incremento de los endemismos en las zonas áridas del país, siendo estas zonas áridas las que han producido, mantienen y que actualmente siguen provocando grandes presiones de selección que resultan en procesos de especiación.

Conservación

Cabe destacar que los municipios más ricos en cactáceas del estado, Victoria, Xichú, Atarjea y San Luis de la Paz, coinciden perfectamente con la recién creada Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda de Guanajuato. Además, esta reserva complementa a la adyacente Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda de Querétaro. Ambas áreas naturales protegidas en conjunto representan un núcleo de conservación de especies y recursos naturales de gran importancia en el centro del país.

Los municipios de Atarjea y Xichú colindan también con los municipios de Tolimán y Peñamiller, los que encierran a las regiones más ricas de cactáceas del estado de Querétaro. En conjunto, los cuatro municipios más ricos de Guanajuato y los dos de Querétaro, conforman la región más rica en cactáceas dentro de la región Meridional del desierto Chihuahuense. Sin embargo, el municipio de Tolimán, identificado como el poseedor de las zonas más ricas y del mayor número de especies de cactáceas amenazadas (Hernández y Bárcenas, 1995, 1996; Hernández-Oria *et al*., 2007) no se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera de Querétaro.

Es necesaria la creación de áreas naturales accesorias para complementar el núcleo principal de las Reservas de la Biosfera de Guanajuato y Querétaro dentro de la región meridional y proteger a las especies endémicas excluidas de estas dos reservas. La región de Tolimán alberga especies de cactáceas de distribución geográfica muy limitada y blanco continuo de la colecta ilegal.

Conclusiones

Por las especies de cactáceas encontradas en el estado se le considera como un centro de distribución importante para la familia, particularmente la subfamilia Cactoideae. De la misma manera, el gran número de especies de *Mammillaria* (35 spp.) lo ubica como eje importante de distribución de especies de este género, solamente comparable con el estado de Querétaro, que posee 34 especies; en ambos estados, junto con Hidalgo, se concentra la mayor diversidad de especies del género *Mammillaria* de todo el continente.

Al igual que lo observado en otros estudios (Hernández y Godínez, 1994; Hernández y Bárcenas, 1995, 1996; Gómez-Hinostrosa y Hernández, 2000; Hernández *et al*., 2001), en la entidad se encuentra un patrón de concentra-

ción de especies en regiones particulares, como es el caso de la región noreste, que reúne la mayor diversidad de cactáceas del estado.

El clima y las características de la vegetación, muchas veces contrastantes, han sido de gran importancia en la delimitación de los patrones de diversidad de las especies, siendo los matorrales xerófilos el tipo de vegetación que alberga la mayor riqueza de especies, es en estos matorrales de zonas áridas donde la especiación ha producido un importante contingente de especies de características únicas y limitadas áreas de distribución.

Las zonas xerófilas del estado destacan primordialmente por su riqueza de especies de cactáceas pero, además, por ser una región con bajos índices de perturbación por actividades humanas, ya que el acceso a estas zonas es difícil (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1995; Rzedowski *et al.*, 1996). Estas propiedades le confieren a la región características apropiadas para desarrollar proyectos de conservación, así como reservas naturales que salvaguarden su diversidad. La reciente creación de la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda de Guanajuato (Semarnat, 2007) es un claro ejemplo de la intención de conservar los recursos naturales de regiones biogeográficas importantes en el país. Sin embargo, es necesario que las comunidades humanas que habitan dentro de la reserva jueguen un papel central en la protección y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Es claro que sin la participación de las comunidades de la región, junto con varios otros actores, como los sectores académico y gubernamental, los trabajos de protección, investigación y uso estarán destinados al fracaso, pues no se cumplirán los objetivos para los que fue creada esta importante área natural protegida. La realización de proyectos productivos sustentables y en armonía con el medio natural podrían contribuir a aliviar las grandes carencias sociales de esta región.

Aun cuando este trabajo ha sido el más completo en el inventario de las especies de cactáceas, se recomienda incrementar los trabajos florísticos y los proyectos de colecta sistemática en las áreas detectadas como centros de alta diversidad y riqueza dentro de las zonas áridas de la entidad. Sin embargo, proyectos paralelos de conservación *in situ* y *ex situ*, la creación de bancos de semillas, bancos de ADN, colección de plantas vivas, proyectos de propagación de especies con potencial ornamental y otras actividades deben ser implementados lo antes posible para aliviar las presiones de explotación excesiva y los otros factores que amenazan a las poblaciones naturales de la región.

La generación de proyectos de propagación comercial con certificación genética (Bárcenas y Hawkins, 2005; Bárcenas, 2006; Hughes *et al.*, 2008) para el aprovechamiento sustentable de los diversos recursos de la reserva podrían ser una fuente de empleo y generar recursos económicos importantes para las diversas comunidades.

La riqueza de cactáceas de Guanajuato encierra especies únicas a escala global; por lo tanto, los esfuerzos para preservar y utilizar estos importantes recursos deben estar apoyados en el conocimiento científico y en una utilización inteligente de estos recursos naturales, con lo cual se podrá asegurar su protección y utilización a largo plazo para el beneficio de las generaciones actuales y futuras.

Los centros de diversidad nacional están claramente identificados, sin embargo, es necesario enfocar futuros trabajos a nivel estatal con el fin de conocer la distribución y diversidad de las entidades más profundamente. Este conocimiento, ciertamente, sustentará la toma de decisiones futuras para la creación de nuevas áreas naturales protegidas o la modificación de algunas de las reservas ya establecidas en el país (Prado *et al.*, 2010).

Literatura citada

Bárcenas, R.T. 2003. "Chihuahuan Desert cacti in Mexico: an assessment of trade, management, and conservation priorities", en C.S. Robbins (ed.), *Prickly Trade: Trade and Conservation of Chihuahuan Desert cacti.* Washington D.C., TRAFFIC North America, pp. II: 1-65.

——— y J.A. Hawkins. 2005. *Certificación de Cactáceas Mexicanas Amenazadas, http://www.uaq.mx/ccma/.*

———. 2006. "Comercio de cactáceas mexicanas y perspectivas para su conservación", *Biodiversitas* **68**: 11-15.

Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro.* México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/ Agrupación Sierra Madre.

CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). 1973. Appendices I, II y III. *http://www.cites.org/eng/app/appendices.shtml.*

Gómez-Hinostrosa, C. y H.M. Hernández. 2000. "Diversity, geographical distribution, and conservation of cactaceae in the Mier y Noriega region, Mexico", *Biodiversity and Conservation* **9**: 403-418.

Hernández, H.M. y H. Godínez. 1994. "Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas", *Acta Botánica Mexicana* **26**: 33-52.

——— y R.T. Bárcenas. 1995. "Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: I. Distribution patterns", *Conservation Biology* **9**: 1176-1188.

——— y R.T. Bárcenas. 1996. "Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: II. Biogeography and conservation", *Conservation Biology* **10**: 1200-1209.

———, C. Gómez-Hinostrosa y R.T. Bárcenas. 2001. "Diversity, spatial arrangement, and endemism of cactaceae in the Huizache area, a hot spot in the Chihuahuan Desert", *Biodiversity and Conservation* **10**: 1097-1112.

———, C. Gómez-Hinostrosa y B. Goettsch C. 2004a. "Cactáceas", en A. García Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca.* IB-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wildlife Fund (WWF), pp. 199-207.

———, C. Gómez-Hinostrosa y B. Goettsch C. 2004b. "Checklist of Chihuahuan Desert cactaceae", *Harvard Papers in Botany* **9**: 51-68.

——— y C. Gómez-Hinostrosa. 2005. "Cactus diversity and endemism in the Chihuahuan Desert region", en J.L.E. Cartron, G. Ceballos y R.S. Felger (eds.), *Biodiversity, Ecosystem and Conservation in Northern Mexico*, Nueva York, Oxford University Press, pp. 264-275.

Hernández-Oria, J., R. Chávez y E. Sánchez. 2007. "Factores de riesgo en las cactáceas amenazadas de una región semiárida en el sur del Desierto Chihuahuense, México", *Interciencia* **32**: 728-734.

Hughes, S.L., V.M. Rodriguez, B.D. Hardesty *et al.* 2008. "Characterization of microsatellite loci for the critically endangered cactus *Ariocarpus bravoanus*", *Molecular Ecology Resources* **8**: 1068-1070.

Hunt, D. 2006. *The New Cactus Lexicon: Descriptions and Illustrations of the Cactus Family*, vol. 1, Milborne Port, UK, David Hunt Books.

Medellín-Leal, F. 1982. "The Chihuahuan Desert", en G.L. Bender (ed.), *Reference Handbook on the Deserts of North America*, Westport, Conn., Greenwood Press, pp. 321-372.

Ortega-Baes, P. y H. Godínez-Álvarez, 2006. "Global diversity and conservation priorities in the cactaceae", *Biodiversity and Conservation* **15**: 817-827.

Prado, A., J.A. Hawkins, C. Yesson *et al.* 2010. "Multiple diversity measures to identify complementary conservation areas for the Baja California peninsular cacti", *Biological Conservation* **143**: 1510-1520.

Rzedowski, J. 1962. "Contribuciones a la fitogeografía florística de México I. Algunas consideraciones acerca del elemento endémico en la flora mexicana", *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **27**: 52-65.

———. 1991. "Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México", *Acta Botánica Mexicana* **14**: 3-21.

——— y G. Calderón de Rzedowski. 1988. "Dos nuevas localidades de *Larrea tridentata* (Zygophyllaceae) en el centro de México y su interés biogeográfico", *Acta Botánica Mexicana* **1**: 7-9.

——— y G. Calderón de Rzedowski. 1995. "Los pastizales calcífilos del estado de Guanajuato", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario IX.

———, G. Calderón de Rzedowski y R. Galván. 1996. "Nota sobre la vegetación y la flora del noreste del estado de Guanajuato", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XIV.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF),* jueves 30 de Diciembre de 2010.

———. 2007. "Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la zona conocida como Sierra Gorda de Guanajuato localizada en los municipios de Atarjea, San Luis de la Paz, Santa Catarina, Victoria y Xichú, en el Estado de Guanajuato". *Diario Oficial de la Federación.*

VEGETACIÓN Y FLORA VASCULAR DEL ZAMORANO: UNA APROXIMACIÓN



Maricela Gómez Sánchez

Introducción

El Zamorano es un macizo montañoso ígneo aislado que por el lado sur está enmarcado por una profunda barranca afluente del río Tolimán y tributario, a su vez, del Estórax. La parte baja tiene una altitud de 1 900 msnm y su cumbre asciende a los 3 400 msnm; se ubica en la Subprovincia Fisiográfica de Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato, en la Provincia Mesa del Centro, en las coordenadas 20º 54´ a 20º 56´ Latitud N y 100º 09´ a 100º 11´ de Longitud O (Inegi, 1986). Este complejo montañoso expone su ladera noreste hacia los municipios Tierra Blanca y Santa Catarina, Guanajuato, y su ladera suroeste hacia el municipio de Colón, en el estado de Querétaro, marcando el límite entre ambas entidades. Esta unidad cerril tiene una pendiente accidentada y enmarca condiciones especiales por la presencia de diferentes e innumerables cañadas y vertientes. Esto propicia el establecimiento de microhábitats con condiciones especiales de temperatura, humedad y de suelo, lo que favorece una importante biodiversidad, en cuanto a la riqueza y endemismos de especies. En otro aspecto, el Zamorano es una de las zonas más húmedas del estado y contribuye a la recarga de acuíferos que regulan el ciclo hidrológico de la región.



Figura 1. Bosque de *Abies*, parte alta del Zamorano con vista hacia el estado de Guanajuato (fotografía de Maricela Gómez).

Gómez Sánchez, M. 2012. "Vegetación y flora vascular del Zamorano: una aproximación" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 134-138.

La información presentada en esta contribución proviene de investigaciones y exploraciones de varios años que se hicieron con la finalidad de inventariar la flora vascular del Zamorano y conformar una base de datos con las especies registradas (Gómez-Sánchez, 1997).

Los sitios de colecta se seleccionaron con apoyo en fotografías aéreas, revisión cartográfica y recorridos exploratorios, conforme el gradiente altitudinal, la exposición y los tipos de vegetación. El material botánico colectado se depositó en el herbario de la Universidad Autónoma de Querétaro (QMEX) y el listado de especies se presenta en el apéndice 1. Otros resultados y una base de datos pueden consultarse en Gómez Sánchez (1997).

Tipos de vegetación

Matorral mediano espinoso

Este tipo de vegetación se localiza entre los 2 600 y 2 800 msnm, en áreas xerofíticas, accidentadas y con gran pedregosidad. Especies de los géneros *Mimosa, Acacia, Agave, Dasylirion, Ferocactus, Hechtia* y *Opuntia* dominan el paisaje floreciendo al final de la estación seca (febrero-abril). *Milla* y otras monocotiledóneas bulbosas emergen al iniciar la estación lluviosa.

Matorral rosetófilo

Esta vegetación cubre un área pequeña y muy localizada en la parte baja con especies de *Agave, Dasylirion, Hechtia, Opuntia, Ferocactus* y *Mammillaria*. La presencia aislada de elementos de *Quercus* (encinos), *Arctostaphylos, Mimosa, Acacia* (huizaches) y *Senna* son comunes.

Bosque de galería

Esta vegetación sigue las áreas de escurrimientos y arroyos en la parte baja, donde *Salix bonplandiana* (sabino) y *Populus tremuloides* (álamos) son dominantes. Algunas herbáceas de los géneros *Salvia* y *Cirsium* son frecuentes. Sobre los acantilados y rocas con escurrimientos es notoria la presencia de *Echeveria mucronata, E. secunda, Pleopeltis polylepis* y *Sedum greggii*.

Bosque de encino (Quercus)

Este bosque se localiza en las partes baja y media del complejo, entre los 2 000 y 2 900 msnm. Es común la presencia en cañadas, barrancas y acantilados con especies herbáceas y algunas suculentas. Como también señalan Zamudio y colaboradores (1992), los encinos habitan en las porciones bajas como rodales dispersos siendo casi arbustivos y de hoja pequeña. En este tipo de vegetación dominan *Quercus rugosa, Q. potosina, Q. laurina, Q. eduardii, Arbutus xalapensis* y *Alnus jorullensis*. En el estrato arbustivo se pueden encontrar especies de *Agave, Dasylirion, Dalea, Senecio* y *Arctostaphylos*. En el estrato herbáceo destacan especies de los géneros *Arracacia, Dahlia, Lupinus, Oxalis, Physalis, Penstemon, Salvia, Senecio, Solanum* y algunas Pteridofitas.

En la estación lluviosa la fisonomía contrasta fuertemente por la floración de *Tillandsia erubescens* sobre árboles de encino. Los acantilados albergan especies de tallos suculentos como *Sedum, Echeveria, Opuntia, Mammillaria* y algunas Pteridofitas.

Bosque de Abies religiosa

En la parte más alta y abrupta, el Zamorano alberga este bosque entre los 2 800 y 3 400 msnm. Es un bosque bien definido, siendo la parte más húmeda del área. Existe una gran cantidad de vertientes, cañadas y barrancas. El suelo es accidentado y la pendiente es elevada. *Abies religiosa* (abeto u oyamel) domina este bosque pero son también notorios otros elementos de la flora, tales como el aile (*Alnus jorullensis*), pino (*Pinus hartwegii*) y encino (*Quercus laurina, Q. rugosa*). Otras especies presentes son *Agave filifera, Brickellia veronicifolia, Baccharis zamoranensis, Eupatorium schaffneri, Rubus mcvaugianus, Cirsium zamoranense, Salvia elegans, S. microphylla, Roldana angulifolia, R. barba-johannis*. Durante la época lluviosa, el estrato herbáceo es muy diverso, destacando especies pertenecientes a los géneros *Arenaria, Castilleja, Conopholis, Cuphea, Echeandia, Garrya, Geranium, Lupinus, Oxalis, Penstemon, Pinguicula, Phaseolus, Physalis, Salvia, Sisyrinchium, Stachys, Solanum, Tigridia* y algunas pteridofitas. En algunas cañadas y acantilados se

observan especies de los géneros *Cheilanthes, Echeveria, Polypodium, Sedum, Selaginella* y *Woodsia*. La diversidad y fenología está determinada por el ciclo de lluvias, de mayo a octubre.

Composición florística

La flora vascular del Zamorano agrupa hasta ahora 74 familias, 186 géneros, 311 especies, cinco subespecies y ocho variedades (cuadro 1). De los grupos representados, las dicotiledóneas contienen el mayor número de taxa. Las cinco familias más ricas de esta flora albergan 37% de la totalidad de especies. De manera notable Asteraceae (Compositae) encabeza las cifras, ya que es casi tres veces más numerosa que Poaceae y Lamiaceae; entre los géneros más ricos en especies destaca *Salvia* (cuadro 2). La zona alberga 12% de la riqueza de especies estimadas de Guanajuato, según las cifras de Carranza (2005), y 13% de la estimada para Querétaro, según las cifras de Argüelles *et al.* (1991). Las exploraciones en esta unidad montañosa se siguen realizando, por lo que estas cifras podrían incrementarse.

Ésta es una zona importante de endemismos. La parte más alta alberga un conjunto de especies de distribución restringida, algunas de ellas con alguna categoría de protección, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (NOM-059). *Baccharis zamoranensis, Cirsium zamoranense* y *Rubus mcvaughianus* representan endemismos muy estrechos (Rzedowski, 1972, 1994), ya que se han observado poblaciones muy reducidas (de no más de 20 individuos) y es posible que la especie se encuentre en peligro de extinción, aunque no se encuentran en la NOM-059. *Mammillaria microhelia* es una especie microendémica conocida solamente de la localidad tipo, específicamente de la parte alta del Zamorano y está sujeta a protección especial (NOM-059). *Ferocactus histrix* se encuentra en la categoría sujeta a protección especial (NOM-059) y *Mammillaria rhodantha* subsp. *aureiceps*, en la categoría de amenazada, siendo esta última endémica de México. *Opuntia scheeri* es escasa y ya no se ha vuelto a colectar, probablemente se encuentra extinta. *Coryphantha clavata, Mammillaria muehlenpfordtii, M. pettersonii, M. polythele* subsp. *obconella* y *M. uncinata* son especies ornamentales, escasas y vulnerables por el saqueo y las actividades humanas. Como también sugiere Scheinvar (2004), estas especies ameritan protección especial y algún programa de propagación *in situ*. *Valeriana zamoranensis* se describió (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2003) a partir de dos especímenes obtenidos en 1989 procedentes de una pequeña área de la cumbre, siendo esta especie rara, la que a pesar de búsquedas especiales no se ha colectado nuevamente.

Como también señalaron Carranza y Madrigal (1995) *Alnus jorullensis* var. *jorullensis* es una especie que aunque no se encuentra enlistada en alguna categoría de protección, sus poblaciones están muy localizadas y una colecta intensiva y descontrolada podría dañar seriamente estas poblaciones de aile. Llama la atención *Tauschia alpina*, pues era conocida sola-

Cuadro 1. Participación cuantitativa de la flora vascular en el Zamorano.

Grupos	Familias	Géneros	Especies	Subespecies	Variedades
Pteridofitas	7	13	18	-	1
Gimnospermas	1	2	5	-	-
Dicotiledóneas	53	139	229	5	4
Monocotiledóneas	13	32	59	-	3
Total	**74**	**186**	**311**	**5**	**8**

mente de praderas alpinas de los estados de México, Veracruz y Tlaxcala.

Por otra parte, *Sisyrrinchium platyphyllum* se consideraba extinta, pues desde 1902 no se había colectado, no obstante hay evidencia reciente de la existencia de la especie.

La presencia y concentración de estas especies restringidas obedecen a las condiciones ambientales tan especiales que aíslan al complejo montañoso del Zamorano.

Sitios con mayor riqueza de especies de flora

Las comunidades vegetales del bosque de *Abies* (abeto), el bosque de *Quercus* (encinos) y el matorral rosetófilo presentan cambios de acuerdo con las estaciones del año, siendo más notoria durante la época de primavera-verano debido a la incidencia de las lluvias, periodo de floración de diversas monocotiledóneas anuales y dicotiledóneas efímeras o bulbosas, lo que conlleva una mayor riqueza de especies durante este tiempo, siendo este incremento más notorio en los estratos bajos de la vegetación.

Las áreas de baja insolación y protegidas de los fuertes vientos, tales como cañadas o pequeños cañones, conservan mayor humedad y son el refugio de numerosas especies. El bosque de *Abies* destaca por la presencia de endemismos y especies de distribución restringida.

Amenazas a la biodiversidad del Zamorano

El matorral espinoso y el matorral rosetófilo son las áreas más perturbadas por la introducción de ganado y extracción de especies forrajeras y alimenticias durante la estación seca. Las partes bajas del complejo cerril, sobre todo aquellas aledañas a las comunidades humanas, son alteradas por la apertura de áreas para la agricultura de temporal que después son abandonadas. Aquí, las especies invasoras como *Dodonaea viscosa* y diversas especies de las familias Asteraceae y Poaceae son notorias. Durante el invierno, previamente a los festejos de Navidad, se observa una colecta masiva de especies de Pteridofitas, cactáceas, bromeliáceas y crasuláceas ornamentales como *Polypodium guttatum, Adiantum capillus-veneris, Pellaea cordifolia, Pleopeltis polylepis, Selaginella rupincola, Mammillaria microhelia, M. uncinata, M. polythele, M. rhodantha, Coryphantha clavata, Echeveria se-*

Cuadro 2. Familias y géneros de la flora vascular del Zamorano con mayor riqueza de especies.

Grupos	Familias	Géneros	Especies
Asteraceae	49		
Poaceae	18		
Lamiaceae	17	*Salvia*	12
Fabaceae	16		
Solanaceae	15	*Solanum*	7
Iridaceae		*Sisyrrinchium*	7
Cactaceae		*Mammillaria*	6
Agavaceae		*Agave*	6
Fagaceae		*Quercus*	6
Crassulaceae		*Sedum*	5
Convolvulaceae		*Ipomoea*	5

cunda, E. mucronata, Sedum clausenii, S. greggii, Tillandsia erubescens y *T. recurvata*. Aunque esta colecta es estacional, altera fuertemente la fisonomía del área, pone en riesgo la presencia de especies raras, escasas y endémicas, como las cactáceas y en general la composición de la flora.

Conclusiones

El Zamorano alberga una riqueza florística importante, sin embargo, algunas zonas requieren aún de especial atención, sobre todo las cañadas y vertientes de difícil acceso.

El deterioro (natural e inducido) de los bosques de *Abies* y de *Quercus*, así como del resto de la vegetación natural es evidente, por lo que es necesario identificar las causas de su degradación y proponer actividades que mitiguen los efectos derivados del mismo. Estos disturbios comprometen seriamente la permanencia de algunas especies, sobre todo aquellas de distribución restringida.

Resulta importante que se desarrollen, de forma paralela a los estudios botánicos, inventarios de otros grupos biológicos, estudios ecológicos y otros orientados a la restauración ecológica, la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos.

Agradecimientos

El doctor Jerzy Rzedowski revisó las determinaciones de las Asteraceae. Emanuel Pérez Calix determinó las Crassulaceae y Mahinda Martínez las Solanaceae. Luis Hernández Sandoval y Abisaí García Mendoza determinaron las Monocotiledóneas (excepto Poaceae). Lenin Sánchez Calderón, David Flores Jaramillo y Arely Nava Rojo apoyaron el trabajo de campo y de herbario. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad otorgó el apoyo financiero mediante el proyecto L002.

Literatura citada

Argüelles, E., R. Fernández y S. Zamudio. 1991. “Listado florístico preliminar del estado de Querétaro”. *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes*, fascículo complementario II.

Carranza G., E. y X. Madrigal. 1995. “Familia Betulaceae”. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 39.

———. 2005. “Conocimiento actual de la flora y la diversidad vegetal del estado de Guanajuato, México”. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XXI.

Gómez Sánchez, M. 1997. *Flora Vascular del cerro Zamorano*. Facultad de Ciencias Naturales, México, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto No. L002. *http://www.conabio.gob.mx/institucion/cgi-bin/datos.cgi?Letras=L&Numero=2*.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1986. Síntesis Geográfica, Nomenclátor y Anexo Cartográfico del Estado de Querétaro. México.

Rzedowski, J. 1972. “Tres adiciones al género *Baccharis* (Compositae) en México”, *Brittonia* **4**: 398-402.

———. 1994. “Dos especies nuevas de *Cirsium* (Compositae, Cardueae) del estado de Querétaro (México)”, *Acta Botánica Mexicana* **29**: 101-105.

——— y G. Calderón de Rzedowski. 2003. “Dos especies nuevas de Valeriana (Valerianaceae) del centro de México”, *Acta Botánica Mexicana* **62**: 65-71.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de Diciembre de 2010.

Scheinvar, L. 2004. *Flora Cactológica del estado de Querétaro: Diversidad y riqueza*. México, Fondo de Cultura Económica (FCE).

Zamudio S., J. Rzedowski, E. G. Carranza *et al*. 1992. *La Vegetación en el estado de Querétaro*. México, Instituto de Ecología/Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro Concyteq.

LOS MUÉRDAGOS: PLANTAS PARÁSITAS Y SU IMPORTANCIA



Maricela Gómez-Sánchez | Luis A. Salazar-Olivo

Introducción

Las plantas llamadas comúnmente muérdago son aéreas, hemiparásitas y crecen sobre distintas especies de Gimnospermas, de Angiospermas y sobre otras especies de muérdago. Estas plantas son arbustivas perennes, monoicas, dioicas, o hermafroditas con hojas de forma variable desde liguliformes, lanceoladas hasta elípticas u obovadas; sus flores están dispuestas en diminutas espigas o en umbelas de varias díadas o tríadas; el fruto es una baya de color y forma variables con una semilla rodeada por un abundante tejido víscido (figuras 1-4). Las semillas, al germinar, forman un órgano especializado (haustorio) mediante el cual penetran en la planta hospedera para extraer nutrientes causándole algunos trastornos y formando tumores leñosos (Geils y Vázquez, 2002; Sosa y Tressens, 2002).



Figura 1. *Phoradendron forestierae* creciendo sobre acebuche o granjeno rojo (*Condalia velutina*) en el municipio San Miguel de Allende (fotografía de Maricela Gómez).

GómezSánchez, M. y L. A. Salazar Olivo. 2012. "Los muérdagos: plantas parásitas y su importancia" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 139-146.



Figura 2. *Phoradendron brachystachyum* sobre *Ptelea trifoliata* en el municipio San Miguel de Allende (fotografía de Maricela Gómez).



Figura 3. *Phoradendron carneum* creciendo sobre palo bobo (*Ipomoea murucoides*) en el municipio de Celaya (fotografía de Maricela Gómez).



Figura 4. *Psittacanthus calyculatus* creciendo sobre mezquite (*Prosopis laevigata*) en el municipio Apaseo el Alto (fotografía de Maricela Gómez).

El tejido viscoso y pegajoso que rodea a la semilla (viscina) le confiere ventajas a la planta, porque una vez ejercida la dispersión mecánica y explosiva, común en estas plantas, la semilla se adhiere fácilmente a las ramas del hospedero. Así también este tejido viscoso le ayuda a la semilla a deslizarse a través del tracto digestivo del ave, que también funge como dispersor, sin perder su viabilidad y su condición pegajosa. Así, cuando el ave excreta las semillas, éstas se unen unas a otras y se adhieren fácilmente al tronco, ramas u hojas que encuentren en el trayecto de su caída y se establecen generando nuevos individuos o colonizan nuevos ambientes y nuevos hospederos.

Loranthaceae y Viscaceae son las familias con mayor número de especies de muérdago a nivel mundial y *Phoradendron* y *Psittacanthus* son los géneros más importantes por su riqueza de especies, por su diversidad de hospederos y por su presencia endémica en América.

Estos dos géneros, con una importante diversidad de hospederos, son propiamente continentales y habitan en zonas templadas y tropicales de América. Su distribución en el continente es amplia: va desde el centro de Baja California y sur de Sonora, pasando por Mesoamérica hasta Bolivia y norte de Argentina, y es en México donde ocurre una importante presencia tanto de *Phoradendron* como de *Psittacanthus* (Kuijt, 1986*a*, 1986*b*; Geils *et al.*, 2002; Geils y Vázquez, 2002; Sosa y Tressens, 2002; Kuijt, 2003, 2009).

Los muérdagos perjudican a su hospedero en menor o mayor grado, produciéndole en ocasiones la muerte (García, 1998). En los últimos años, estas plantas han incrementado su presencia colonizando nuevos y distintos ambientes y ampliando la diversidad de sus hospederos. Este comportamiento ha hecho que se ponga especial atención en ellas dado que en algunas zonas ya se presentan como especies invasoras que amenazan distintos aspectos de dichos ambientes y la supervivencia de sus hospederos.

No obstante su amenaza, estas plantas son importantes por su empleo como forraje para distintas especies animales y en la medicina tradicional mexicana se usan para tratar enfermedades como cáncer, hipertensión, afecciones cardiacas y para controlar los niveles de glucemia en pacientes con diabetes mellitus (Roberts, 1989; Varela *et al.* 2004; Calzado *et al.* 2005), entre otras. Aunque su conocimiento popular es extenso, pocos son los estudios que confirman este uso tradicional de las especies. Sin embargo, investigaciones recientes (Johansson *et al.*, 2003; Rodríguez-Cruz *et al.*, 2003; Cervantes-Badillo, 2006) sugieren que los muérdagos americanos son una fuente importante de compuestos bioactivos, y a los extractos de estas especies se les atribuyen algunas propiedades bioquímicas capaces de modificar respuestas biológicas tales como acciones inmunomodulatorias y antitumorales (Varela *et al.*, 2004).

Riqueza de especies

Hasta ahora, la riqueza de especies de muérdago en el estado está distribuida en dos familias, cuatro géneros y 20 especies (cuadro 1). La abundancia de especies puede variar conforme aumenten las exploraciones, sobre todo en áreas poco accesibles y que están poco colectadas. Exploraciones futuras en el noreste del estado (Atarjea, Victoria y Xichú), en algunos municipios de la región del altiplano (Tierra Blanca y Santa Catarina) y en el suroeste del estado (San

Francisco del Rincón, Manuel Doblado, Cuerámaro, Pénjamo, Abasolo y Huanímaro) seguramente incrementarán las cifras actuales.

Distribución geográfica y ecológica

Las especies de muérdago se distribuyen ampliamente en América y en México, particularmente, *Phoradendron* y *Psittacanthus* comparten ambientes similares de manera importante y albergan la mayor riqueza de especies. Estos géneros habitan zonas templadas y tropicales desde el norte y la parte central de Oregon, en Estados Unidos de América; en México desde el centro de Baja California y sur de Sonora, pasando por Mesoamérica hasta Bolivia y norte de Argentina. Los ambientes donde se desarrollan son variados, desde bosques, matorrales y áreas alteradas, incluidas zonas de cultivo, potreros, caminos, carreteras, hasta zonas urbanas y suburbanas, parques y jardines y áreas de traspatio (cuadro 2). *Arceutobium* y *Struthanthus* son escasos y de distribución restringida, el segundo tiene presencia en tres municipios y sigue la distribución del bosque de encino o matorrales pero buscando siempre especies de encino. Las especies de *Arceutobium* crecen en dos municipios, Tierra Blanca y Jerécuaro, y *Psittacanthus schiedeanus* solamente en el municipio de León. Especies de *Phoradendron* y *Psittacanthus* son de distribución amplia con presencia en la mayor parte del estado. Estos dos géneros destacan por su riqueza de especies y por su diversidad de hospederos. *Phoradendron* (con 60% del total de especies para el estado) tiene preferencia por ambientes más o menos conservados. *Phoradendron carneum* se distribuye siguiendo el bosque tropical caducifolio y vegetación con presencia de

Cuadro 1. Riqueza de especies de muérdago presentes en el estado.

Familia	Especie	Municipio
Loranthaceae	*Psittacanthus calyculatus*	Abasolo, Acámbaro, Apaseo El Alto, Apaseo El Grande, Celaya, Comonfort, Coroneo, Cortazar, Guanajuato, Irapuato, Jaral del Progreso, Juventino Rosas, León, Manuel Doblado, Moroleón, Pénjamo, Salamanca, Salvatierra, Silao, San Felipe, San Miguel de Allende, San José Iturbide, Santiago Maravatío, Tarimoro, Valle de Santiago, Villagrán, Yuriria.
	P. palmeri	Acámbaro, Apaseo el Alto, Cuerámaro, Comonfort, Guanajuato, León, Victoria, Xichú
	P. schiedeanus	León
	Struthanthus quercicola	San Felipe, Xichú, Victoria
Viscaceae	*Arceutobium abietis-religiosae*	Tierra Blanca
	A. gilli subsp. *nigrum.*	Jerécuaro
	A. globosum	Tierra Blanca
	A. vaginatum	Tierra Blanca
	Phoradendron bolleanum	Atarjea, Guanajuato, Xichú
	P. brachystachyum	Acámbaro, Guanajuato, Irapuato, León, San Felipe, Silao, Tarimoro
	P. carneum	Acámbaro, Celaya, Comonfort, Dolores Hidalgo, Guanajuato, Irapuato, León, San José Iturbide, Silao
	P. forestierae	Acámbaro, Dolores Hidalgo, Guanajuato, San Miguel de Allende, León, Ocampo, San Luis de la Paz, Tarimoro
	P. lanceolatum	Jaral del Progreso, León, Santa Catarina, San Felipe, San Luis de la Paz
	P. longifolium	San Luis de la Paz, Xichú
	P. nervosum	Atarjea, San Luis de la Paz, San José Iturbide, Victoria, Xichú
	P. quadrangulare	Atarjea, Celaya, Guanajuato, Irapuato, León, San Luis de la Paz, San José Iturbide, Victoria, Xichú
	P. rhipsalinum	Acámbaro, Jerécuaro, Salvatierra, Coroneo
	P. serotinum subsp. *tomentosum*	Comonfort
	P. serotinum subsp. *angustifolium*	San Felipe, San Luis de la Paz, Ocampo, Victoria, Xichú
	P. reichenbachium	Guanajuato, Jerécuaro, San Felipe, San Miguel de Allende

palo bobo (*Ipomoea murucoides*), pues su preferencia por este hospedero es alta.

Psittacanthus palmeri sigue la distribución del bosque tropical caducifolio pues prefiere árboles de xixote (*Bursera* spp.) como hospederos. *Psittacanthus calyculatus* se distribuye ampliamente en distintos ambientes, sin embargo, tiene alta preferencia por zonas con perturbación como áreas de cultivo, potreros, caminos y carreteras, zonas urbanas y suburbanas, incluyendo parques, jardines y áreas de traspatio o huertos de autoconsumo. En general, en los últimos años, las especies de muérdago han aumentado su presencia y sus límites de distribución se están ampliando. *Psittacanthus calyculatus*, particularmente, ha incrementado su diversidad de hospederos y su capacidad de infestación, de tal manera que en algunas regiones se comporta como especie invasora, causando serios problemas y poniendo en riesgo algunas especies forestales, frutales y de ornato.

Diversidad de hospederos

El género *Arceutobium* parasita exclusivamente especies de coníferas como el abeto (*Abies religiosa*), el pino (*Pinus* spp.) y el ciprés (*Juniperus* spp.). *Struthanthus* prefiere especies de encino (*Quercus* spp.). *Phoradendron* crece sobre diversas especies de Angiospermas, no obstante, algunas especies muestran especificidad por su hospedero. Así, *Phoradendron carneum* crece principalmente sobre palo bobo (*Ipomoea murucoides*) y *P. serotinum* subsp. *tomentosum* y *P. reichenbachium* sobre especies de encino (*Quercus* spp.). *Psittacanthus palmeri* prefiere especies de palo xixote, palo cuchara, copal y pochote (*Bursera fagaroides, B. palmeri y Ceiba aesculifolia*). Contrariamente, *P. calyculatus* muestra una gran diversidad de hospederos y ambientes (cuadro 2). Aunque este muérdago tiene preferencia por árboles de mezquite (*Prosopis laevigata*) y algunas acacias y huizaches (*Acacia angustissima, A. farnesiana* y *A. schaffneri*), recientemente se advierte que ha ampliado sus preferencias y crece sobre las áreas foliares de diversos árboles que, años atrás, no era posible observar. Algunos hospederos se restringen a los huertos de traspatio y a la orilla de parcelas y canales. Además de las especies hospederas de *Psittacanthus calyculatus* que se señalan en el cuadro 2, estudios previos (Vázquez *et al*., 2007; Delgado *et al*., 2008) refieren también a *Cedrela* sp., eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), limonero (*Citrus limonium*), naranjo (*Citrus sinensis*), capulín (*Prunus serotina* var. *capuli*), casuarina (*Casuarina equisetifolia*), higuera (*Ficus carica*) y canistel (*Pouteria campechana*) como sus hospederos.

Importancia económica y ecológica

En Guanajuato, como en otros estados de la república, las deformaciones o tumoraciones que se producen sobre la especie hospedera del muérdago son llamadas comúnmente flores de madera o flores de palo. Estas deformaciones adquieren formas caprichosas y atractivas y los artesanos las utilizan para fabricar distintas figuras para decoración.

Por otro lado, *Phoradendron bolleanum* es una especie con alto valor forrajero y, en parte del noroeste y sureste de la entidad, los pastores de pequeños rebaños usan distintas especies de *Phoradendron* y *Psittacanthus calyculatus* para alimentar a cabras y ovejas. En la medicina tradicional, el empleo de los muérdagos (Cházaro *et al*., 1992; Martínez, 1992; Varela *et al*., 2004) es amplio y en algunos mercados rodantes populares se comercializan las plantas deshidratadas pero sin distinción de sus especies. El uso para tratar enfermedades como cáncer e hipertensión han llamado la atención de diversos grupos de investigación. Algunos estudios (Johansson *et al*., 2003; Rodríguez-Cruz *et al*., 2003; Cervantes -Badillo, 2006) sugieren que los muérdagos americanos son una fuente importante de compuestos bioactivos. *Phoradendron serotinum* subsp. *tomentosum* tiene efectos citotóxicos en células de cáncer cervicouterino humano y *Psittacanthus calyculatus* posee propiedades anti-hipertensivas que pueden emplearse en el tratamiento contra enfermedades vasculares.

Los muérdagos dependen de su hospedero, de quien obtienen parte de los alimentos, para sus funciones metabólicas. Esta extracción de nutrientes causa distintos y fuertes trastornos fisiológicos (enfermedades) de acuerdo al grado de

Cuadro 2. Principales hospederos y hábitat de las especies de muérdago presentes en el estado.

Especie	Hospedero	Hábitat
Arceutobium abietis-religiosae	*Abies religiosa*	Bosque de *Abies religiosa*
A. gilli subsp. *nigrum*	*Pinus* spp.	Bosque de pino
A. globosum	*Abies religiosa*, *Pinus*	Bosque de *Abies religiosa*, bosque de pino-encino
A. vaginatum	*Pinus*, *Quercus*	Bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de encino
Phoradendron bolleanum	*Juniperus flacida*, *Cupressus*	Matorral submontano, bosque de coníferas
P. brachystachyum	*Condalia velutina*, *Ptelea trifoliata*, *Senna polyantha*, *Lysiloma*, *Fraxinus*, *Quercus*, *Eysenhardtia polystachya*, algunas leguminosas	Matorral espinoso, matorral submontano, matorral xerófilo,
P. carneum	*Ipomoea murucoides*	Bosque tropical caducifolio, matorral submontano
P. forestierae	*Forestiera*, *Acacia schaffneri*, *Prunus*, *Condalia velutina*, *Ptelea trifoliata*, *Prosopis laevigata*, *Quercus*, *Salix babylonica*	Matorral espinoso, matorral submontano, matorral xerófilo, bosque de galería, bosque de encino, bosque tropical caducifolio, potreros, zonas de cultivo, vegetación perturbada, orilla de caminos y carreteras
P. longifolium	*Pinus*, *Quercus resinosa*, *Juniperus*	Bosque de pino, bosque de encino
P. nervosum	*Melia azederach*, *Salix*	Matorral espinoso, bosque de galería
P. quadrangulare	*Guazuma ulmifolia*, *Forestiera*, *Acacia*, *Prosopis*, *Quercus*, *Platanus*, *Prunus*, *Salix*	Bosque de encino, bosque tropical caducifolio, bosque de galería, vegetación perturbada y huertos de traspatio
P. rhipsalinum	*Taxodium mucronatum*, *Fraxinus*	Bosque de galería
P. lanceolatum	*Quercus*, *Pinus*	Bosque de encino, bosque de pino-encino
P. serotinum subsp. *tomentosum*	*Quercus*	Bosque de encino
P. serotinum subsp. *angustifolium*	*Quercus grisea*, *Quercus* sp., *Prosopis*	Bosque de encino, bosque tropical caducifolio
P. reichenbachium	*Quercus*	Bosque de encino, bosque de pino-encino
Psittacanthus calyculatus	*Acacia farnesiana*, *A. angustissima*, *A. schaffneri*, *Bursera*, *Hedera helix*, *Fraxinus*, *Juglans regia*, *Nicotiana glauca*, *Olea europea*, *Prosopis laevigata*, *Salix bonplandiana*, *S. babylonica*, *Melia azedarach*, *Celtis pallida*, *Eysenhardtia polystachya*, *Ligustrum lucidum*, *Pithecellobium dulce*, *Morus celtidifolia*, *Populus*, *Citrus limmonium*, *C. sinensis*, *Cydonia oblonga*, *Eryobotrya japonica*, *Crataegus mexicana*, *Prunus persica*, *Punica granatum*	Bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo, matorral submontano, matorral espinoso, bosque de galería, áreas de cultivo, orilla de caminos y carreteras, potreros, áreas perturbadas, zonas urbanas y suburbanas, parques y jardines, huertos de traspatio
P. palmeri	*Bursera galeotiana*, *B. fagaroides*, *B. palmeri*, *Ceiba aesculifolia*	Bosque tropical caducifolio, matorral espinoso
P. schiedeanus	*Acacia*, *Bursera*, *Prosopis*, *Quercus*	Matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosque de encino
Struthanthus quercicola	*Quercus*, varios árboles y arbustos cultivados	Bosque de encino, áreas alteradas, zonas de urbanas y suburbanas, huertos de traspatio

infección. En distintas áreas de México, estas especies son plaga en algunos bosques y están comprometiendo el óptimo desarrollo de árboles maderables como el mezquite (*Prosopis laevigata*), árboles de sombra (*Grevillea robusta*) en algunos cafetales y afectan la productividad de árboles frutales, pues los debilita y termina matándolos (Geils *et al*., 2002). En el estado, como en gran parte del centro del país, los muérdagos parasitan de manera importante especies de abeto (*Abies*), pino (*Pinus* sp.), acacias (*Acacia* spp.), xixote (*Bursera* spp.), fresno (*Fraxinus uhdei*), *Ipomoea*, encino (*Quercus* spp.) y mezquite (*Prosopis laevigata*), entre otras. La distribución y el grado de infestación de *Psittacanthus calyculatus*, en particular, está poniendo en riesgo la sanidad y permanencia del mezquite (*Prosopis laevigata*), de algunas acacias (*Acacia schaffneri*, *A. farnesiana* y *A. angustissima*) y del fresno (*Fraxinus uhdei*). Algunos árboles de mezquite tienen hasta 95% o más de su área foliar infestada por muérdago. Estudios previos (Delgado *et al*., 2008) también señalan el alto riesgo en el que están árboles como el álamo (*Populus* sp.) y el sauce (*Salix* sp.). En los últimos años, distintos bosques, selvas y matorrales han sido fragmentados propiciando áreas abiertas y alteradas con algunos manchones relictuales y árboles aislados; en estas áreas los árboles tienen mayor incidencia de luz, lo que favorece el establecimiento y desarrollo de muérdagos, pues éstos requieren para su desarrollo de grandes cantidades de luz solar. También, las áreas abiertas son de la preferencia de las aves dispersoras (particularmente del género *Euphonia*) de las semillas de muérdago y con frecuencia perchan en las ramas de los árboles que habitan estos espacios (Cházaro *et al*., 1992). Estas condiciones bióticas y abióticas están favoreciendo un incremento en la presencia y la abundancia de estas plantas parásitas, sobre todo de *Psittacanthus calyculatus*, que se está comportando como especie invasora y que en algunas áreas del sur y este del estado con matorral submontano, bosque tropical caducifolio, vegetación riparia, zonas urbanas y suburbanas y áreas de traspatio, ya representa un problema biológico importante y amenaza fuertemente algunos árboles maderables, frutales y de ornato.

Por otra parte, dada la abundancia de *Psittacanthus calyculatus* y la producción de numerosas flores con abundante néctar, que es libado por colibríes, este muérdago también es un recurso alimenticio importante para estas aves (Cházaro *et al*., 1992; Geils *et al*., 2002). El fruto de muérdago es grande, vistoso y atractivo para muchas aves frugívoras, ya que una tercera parte de la pared del fruto, al menos de algunas especies de *Phoradendron*, está constituida por tejido sólido, donde 44% son lípidos, 12% azúcares y 6.5% proteínas (Kuijt, 2003, 2009). Así, los muérdagos, que se están comportando como plaga, también son un recurso importante. Diversas aves silvestres dependen del aporte nutricional proporcionado por las flores y los frutos, por lo que es fundamental el desarrollo de propuestas de manejo integral y aprovechamiento del muérdago, dirigidas a la conservación de aves silvestres, cuidando el parasitismo de estas plantas para que no se extiendan sin control, pero sin erradicarlas. Estudios dirigidos a la entomofauna asociada a los muérdagos facilitarán el desarrollo de algún control biológico para detener la infestación por muérdago. Para evitar una propagación descontrolada del muérdago, será conveniente mantener, de manera mecánica, su crecimiento vegetativo y, mediante cortes periódicos, emplear esta masa foliar para forraje, como medicina popular y como elemento importante en la elaboración de composta. Supervisando el periodo de floración, para mantener únicamente el alimento para las aves, se limitará la formación de frutos y semillas evitándose así la dispersión explosiva de éstas y la propagación por las aves. En lugares abiertos, principalmente, es conveniente colocar algunas trabes para favorecer que las aves perchen en otros sitios, que si no están alejados al menos estén fuera de las copas de los árboles. Esto presenta un uso alternativo del muérdago, un saneamiento de los árboles infestados y se mantiene el recurso para alimentar a algunas especies de aves sin erradicar la presencia del muérdago.

Agradecimientos

Esta investigación es parte de un proyecto que se desarrolló con apoyo parcial de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR-2004-C04-65, CONAFOR-2007-AD-01).

Literatura citada

Calzado-Flores, F.C., E.G. Gómez, M.G. Sánchez *et al.* 2005. Contribución al estudio fitoquímico de *Phoradendron tomentosum* de la región Norte de Nuevo León. Centro de Investigacion Biomédica del Noreste, IMSS y Departamento de Química, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey, *Revista Salud Pública y Nutrición* **8**: 1-2.

Cervantes-Badillo, M.G. 2006. *Escrutinio de compuestos bioactivos en especies americanas de muérdago*, tesis de maestría. México, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.

Cházaro B.M., F.M. Huerta, R.M. Patiño *et al.* 1992. "Los muérdagos (Loranthaceae) de Jalisco, parásitas poco conocidas", *Ciencia y Desarrollo* **17**: 70-85.

Delgado Castillo, J.C., E. Fernández, C. Velázquez Villa. 2008. Avances en la determinación de la distribución, niveles de infestación y hospederos de *Psittacanthus calyculatus* (DC.) Don en el Bajío de Guanajuato, México. *Programa de Sanidad Vegetal*, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)/Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Guanajuato.

García, R. G. 1998. "La familia Loranthaceae (injertos) del estado de Aguascalientes, México", *Polibotánica* **7**: 1-14.

Geils, B. e I. Vázquez C. 2002. Loranthaceae and Viscaceae in North America, en B.W. Geils, J.C. Tovar y B. Modoy (coords.), *Mistletoes of North America Conifers*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. U. S. Department of Agriculture. Forest Service. Rocky Mountain Research Station. Ogden, Utah. pp. 1-5.

———, J. Cibrián T. y B. Moody (coords.) 2002. *Mistletoes of North American Conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. Ogden, UT: U.S.* Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

Johansson, S., R.J. Gullbo, P. Lindholm *et al.* 2003. "Small, novel proteins from the mistletoe *Phoradendron tomentosum* exhibit highly selective cytotoxicity to human breast cancer cells", *Cell and Molecular Life Sciences* **60**: 165-175.

Kuijt, J. 1986*a*. "Viscaceae", *Flora de Ecuador* **24**: 13-112.

———. 1986*b*. "Loranthaeae", *Flora de Ecuador* **24**: 115-194.

———. 2003. "Monograph of *Phoradendron* (Viscaceae)", *Systematic Botany Monographs* **66**: 1-628.

———. 2009. "Monograph of *Psittacanthus* (Loranthaceae)". *Systematic Botany Monographs*, **86**: 1-361.

Martínez, M. 1992. *Las plantas medicinales de México*, 6ª ed. México, Editorial Botas.

Roberts, N.C. 1989. *Baja California plant field guide*. La Jolla, California, Natural History Publishing.

Rodríguez-Cruz M.E., L. Pérez-Ordaz, B.E. Serrato-Barajas *et al.*, 2003. "Endothelium-dependent effects of the ethanolic extract of the mistletoe *Psittacanthus calyculatus* on the vasomotor responses of rat aortic rings", *Journal of Ethnopharmacology* **86**: 213-218.

Sosa, M.M. y S.G. Tressens. 2002. Las plantas parásitas, en M.M. Arbo y S. G. Tressens (eds.), *Flora del Iberá*. Corrientes, Argentina, Editorial Eudene, pp. 167-178.

Varela B.G., T. Fernández, R.A. Rico *et al.* 2004. "*Phoradendron liga* (Gill. ex H. et A.) Eichl. (Viscaceae) used in folk medicine: anatomical, phytochemical, and inmunochemical studies", *Journal of Ethnopharmacology* **1**: 109-116.

Vázquez, I.C., S.D. Koch, D. Cibrián, *et al.* 2007. "Muérdago *Psittacanthus calyculatus* Marty. (Loranthaceae)", en Cibrián T.D., S. Alvarado R. y S.E. García (eds.). *Enfermedades forestales en México*. México, Universidad Autónoma de Chapingo (UACH)/Conafor-Semarnat/Forest Service (USDA)/Canadian Forest Service (NRCAN)/Comisión Forestal para América del Norte (Cofan)/Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO).

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LAS PLANTAS HEMIPARÁSITAS Y PARÁSITAS EN EL BAJÍO GUANAJUATENSE



Juan Carlos Raya Pérez | Glenda M. Gutiérrez Benicio | Juan G. Ramírez Pimentel
César L. Aguirre Mancilla

Introducción

Existen 4 000 especies de plantas parásitas en todo el mundo, de las cuales unas 300 son hemiparásitas y 200 de estas especies se localizan en el continente americano (Press y Phoenix, 2005; García-Regalado, 1998). Estas plantas alteran la competencia entre las especies y, debido a esto, la estructura y diversidad de la comunidad, la disponibilidad de recursos, interacciones planta-polinizador, planta-herbívoro y a los dispersores de semilla, por lo que se les considera especies clave dentro de los ecosistemas, ya que ejercen una gran influencia dentro de la comunidad, fuera de proporción con su propia abundancia o biomasa (Press y Phoenix, 2005). El parasitismo ocasiona una baja en la productividad; el muérdago enano, por ejemplo, reduce hasta 65% el crecimiento de su hospedero; concomitantemente reduce la dominancia de la especie, permitiendo que especies secundarias lleguen a ser dominantes. Pueden, incluso, llegar a causar la muerte del hospedero.

Conocimiento de las parásitas y hemiparásitas de Guanajuato

Existe un gran desconocimiento de la biología, la fisiología y otros aspectos de los muérdagos (Vázquez-Collazo y Madrigal-Huendo, 2005). El crecimiento de la mancha urbana, el espacio reducido para cada árbol, la contaminación, la desaparición de los mantos freáticos y la falta de mantenimiento estarían entre las causas que han favorecido la infestación de los árboles con muérdago (Marchal Valencia, 2009).

Para el estado, en el listado florístico de la Sierra de Santa Rosa, se reporta la presencia de *Phoradendron salicifolia* (Martínez Cruz *et al.*, 2004). En esta investigación se ha encontrado a *Psittacanthus calyculatus* (figura 1) creciendo sobre árboles de *Salix, Ulmus, Fraxinus, Annona* y, sobre todo, en especies de mezquite, como *Prosopis laevigata*, causando daño intenso y aun la muerte. Quizá esta preferencia de *Psittacanthus* por *Prosopis* se explique por el hecho de que han ocupado el mismo ambiente a lo largo de mucho tiempo y a la preferencia de las hemiparásitas por hospederos con buen aporte de nutrientes, como las leguminosas (Press y Phoenix, 2005). *Psittacanthus calyculatus* florece principalmente durante los meses de agosto y septiembre, y en Irapuato se han colectado frutos a principios del mes de octubre; en Celaya los frutos se pudieron colectar hasta el mes de noviembre. La asincronía en la producción de frutos entre poblaciones ha sido ya reportada y sería parte de la estrategia de dispersión de la planta por parte de las aves (López de Buen y Ornelas, 2001; Press y Phoenix, 2005). Los análisis de la composición elemental muestran que la hemiparásita sustrae potasio de manera más eficiente del mezquite (*Prosopis* sp.) y de *Salix* sp. que de *Ulmus* sp. (*Salix* es también una de las especies preferidas de las hemiparásitas en la Ciudad de México). Asimismo, otra especie presente en el Bajío guanajuatense es *Phoradendron velutinum*, que crece sobre árboles de *Ipomoea* (casahuate) (figura 2) en San Roque, Irapuato, cerca de Pueblo Nuevo.

Es preocupante la frecuencia con que *Psittancanthus calyculatus* infesta árboles en toda la región del Bajío, una área desmontada en la que se exterminaron los bosques de mezquites a fin de dedicar las tierras a la agricultura. Se han documentado los grandes beneficios que aporta la presencia de mezquites al suelo, como fertilización debido a la fijación de nitrógeno, la conservación e infiltración de agua,

Raya Pérez, J. C., G. M. Gutiérrez Benicio, J. G. Ramírez Pimentel, *et al*. 2012. "Contribución al conocimiento de las plantas hemiparásitas y parásitas en el Bajío guanajuatense" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 147-152.



Figura 1. *Psittacanthus calyculatus* en floración colectada el mes de septiembre (fotografía de Juan Carlos Raya Pérez).



Figura 2. *Phoradendron velutinum* creciendo sobre *Ipomoea*. También se le ha observado creciendo en otras especies como capulín (*Prunus serotina*) (fotografía de Juan Carlos Raya Pérez).

como planta melífera y productora de leña, además de madera muy apreciada por su dureza. Es urgente la repoblación con esta especie pero tomando en cuenta el riesgo potencial de que sean infestadas por estas hemiparásitas. Además, las ciudades de la región se caracterizan por la falta de árboles, lo que se agrava cuando los pocos que hay mueren a causa del parasitismo. Hacen falta, pues, mayores estudios tanto de las hemiparásitas como de su relación con los árboles que parasitan y los pájaros que dispersan sus semillas. Quizá la preferencia de las distintas especies de pájaros por determinadas especies de árboles, la preferencia o no por los frutos de la hemiparásita, la accesibilidad al árbol (zona urbana, semiurbana, viviendas habitadas en las cercanías) y susceptibilidad del árbol al ataque de la hemiparásita, entre otros factores, determinarán que se establezca o no el injerto.

Se considera importante iniciar un estudio al respecto, incluyendo observaciones sobre la fenología del muérdago. Aunque éste es parcialmente aprovechado por los chiveros de la región para alimentar sus cabras, otros estudios pueden dar mejores soluciones para su aprovechamiento y control. Se ha propuesto el uso de parásitas y hemiparásitas a fin de controlar plantas invasoras (Press y Phoenix, 2005). Su capacidad para acumular grandes cantidades de iones (potasio y cloro) y elementos como el fósforo y el azufre lo hacen atractivo como modelo de estudio para nutrición vegetal y tolerancia a altas concentraciones de solutos. Su uso potencial en farmacología es también de considerarse y podría ser de las especies que, desde el cultivo de tejidos o células en suspensión, produjera metabolitos importantes (Sánchez-Arreola *et al.*, 2004).

Una especie parásita reportada para el Bajío, que parasita raíces principalmente en malezas, en parcelas de cultivo, es *Lennoa madreporoides*, que tiene el atractivo adicional de ser una especie comestible (Calderón de Rzedowski, 1996). La llamada popularmente tripas de judas (*Cuscuta* sp.) es también un elemento conspicuo sobre todo en temporada de lluvias, infesta hierbas, arbustos y árboles. Se le ha observado frecuentemente sobre pirul (*Schinus molle*) y laurel de la India



Figura 3. *Cuscuta* creciendo sobre *Ficus benjamina* (fotografía de Juan Carlos Raya Pérez).



Figura 4. Acercamiento a *Cuscuta* creciendo sobre *Spectabilis* sp. (bugambilia) (fotografía de Juan Carlos Raya Pérez).

(*Ficus benjamina*) (figura 3). A esta parásita (figura 4), se le utiliza con la finalidad de extraer pigmento tanto para teñir telas como para artesanías, aunque al parecer sin mucho éxito. También acumula grandes cantidades de iones, principalmente potasio y cloro, atrayendo de este modo el flujo de savia hacia sus tejidos (Raya Pérez y Aguirre Mancilla, 2009).

En resumen, hemos encontrado al menos tres especies de hemiparásitas en el estado: *Phoradendron salicifolia, Psittancanthus calyculatus, Phoradendron velutinum* (figura 5), y las parásitas *Lennoa madreporoides* y *Cuscuta* sp. Esto debería ser el punto de partida para ampliar los estudios sobre las plantas parásitas en el estado, tales como autoecología, impacto de éstas sobre los ecosistemas y estudios etnobotánicos, como el uso de los injertos para alimentación de ganado y en la medicina, y el aprovechamiento de *Lennoa madreporoides* en la alimentación. La cubierta vegetal natural en la región ha sido sustituida por cultivos y especies introducidas, incluyendo árboles, por lo cual es importante estudiar a fondo la influencia de las plantas parásitas en los programas de conservación de la biodiversidad y en la reforestación.

Agradecimientos

Consejo de Ciencia y Tecnología, Convenio 09-11-K119-044 (Fortalecimiento del Programa de Posgrado del Instituto Tecnológico de Roque).



Figura 5. *Phoradendron velutinum* con estructuras reproductivas, colectada el mes de septiembre (fotografía de Juan Carlos Raya Pérez).

8 Capítulo

Literatura citada

Calderón de Rzedowski, G. 1996. "Lennoaceae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo **50**: 1-7.

García-Regalado, G. 1998. "La familia Loranthaceae (injertos) del estado de Aguscalientes, México", *Polibotánica* **7**: 1-14.

López de Buen, L. y J.F. Ornelas. 2001. "Seed dispersal of the mistletoe *Psittacanthus schiedeanus* by birds in Central Veracruz Mexico", *Biotropica* **33**: 487-494.

Marchal Valencia, D. 2009. "El muérdago en la Ciudad de México", *ArbolAma* **2**: 10-30.

Martínez Cruz, J. y O. Téllez Valdés. 2004. "Listado florístico de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México", *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **74**: 31-49.

Press, M.C. y G.K. Phoenix. 2005. "Impacts of parasitic plants on natural communities", *New Phytologist* **166**: 737-751.

Raya Pérez, J.C. y C.L. Aguirre Mancilla. 2009. "Composición elemental de algunas plantas silvestres mexicanas", *Revista Chapingo*. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente **15**: 95-99.

Sánchez-Arreola, E., R.K. Maiti y B. Trujillo Pérez. 2004. "Morpho-anatomical characters and secondary metabolites from *Psittacanthus calyculatus* (Lorantaceae)". Øyton, *Revista Internacional de Botánica Experimental* **73**: 119-121.

Vazquez-Collazo, I. y S. Madrigal-Huendo. 2005. "Control químico del muérdago enano (*Arceuthobium globosum*) en regeneración de *Pinus pseudostrobus*", *Ciencia Nicolaita* **41**: 69-82.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE ALGUNAS LEGUMINOSAS ARBUSTIVAS EN GUANAJUATO Y EL BAJÍO



Aurelio Guevara-Escobar | Mónica Cervantes Jiménez | Humberto Suzán Azpiri | Enrique González-Sosa

Introducción

El Bajío es una región geográfica que abarca principalmente el estado de Guanajuato y algunas partes de Querétaro, Michoacán y Jalisco, donde la productividad es alta para la agricultura de riego, pero el potencial productivo puede ser bajo para algunas zonas de temporal (García *et al.*, 1999). Los problemas que más afectan la zona son la sobreexplotación de los acuíferos, que ha ocasionado el abatimiento de los mantos freáticos, así como la deforestación de la vegetación que ha disminuido la captación de agua en los acuíferos. Aunque se han realizado acciones de reforestación, las especies empleadas han sido en su mayoría exóticas, por lo que en México no ha sido exitosa, sobre todo por la falta de conocimiento de las condiciones climáticas y del suelo para decidir cuál especie es la pertinente para cada sitio.

En ese sentido, las leguminosas arbustivas características del bosque tropical caducifolio (BTC) presentan un gran potencial productivo y diversos usos. Cabe mencionar que el BTC es la vegetación tropical más abundante en México (Miranda y Hernández, 1963). Sin embargo, actualmente sólo se conserva 5% del área original de BTC en el Bajío (Peña y Neyra, 1998), la mayor parte ha sufrido cambios en el uso de suelo desde la segunda mitad del siglo XVIII y hasta el XX, y ahora es ocupado por la agricultura, pastizales o matorrales secundarios (Butzer y Butzer, 1997; Niembro, 2001; Carranza, 2005). La principal ventaja de reforestar áreas con especies de usos múltiples, como son las leguminosas nativas de la región, es la ampliación de opciones de producción que se adapten a las necesidades y expectativas de la población. Además, parece conveniente la reforestación con especies del BTC a comparación de las llamadas "forestales" (pino, encino, eucalipto y otros), ya que estos cultivos son menos sensibles al mercado, el clima y las plagas. Sin embargo, se conoce poco sobre la distribución potencial u original de plantas nativas de BTC en el Bajío, y el conocimiento de sus atributos es fundamental para planificar esfuerzos exitosos en la reforestación.

Ante tales hechos, el objetivo de este estudio es determinar la distribución potencial de algunas especies de leguminosas arbustivas del BTC con uso múltiple. Los mapas de distribución permitieron determinar áreas con características ambientales y condiciones ecológicas similares, donde las especies pueden sobrevivir y mantener sus poblaciones.

Métodos

Se usó una herramienta de probabilidad de presencia de especies para predecir la distribución potencial u original de las especies; los métodos utilizan variables ambientales, registros botánicos y reglas de solución para problemas espaciales complejos. Se estudiaron 11 géneros de leguminosas multifuncionales: *Acacia, Albizia, Caesalpinia, Calliandra, Erythrina, Eysenhardtia, Leucaena, Pithecellobium, Lysiloma, Prosopis* y *Senna*, que tienen usos importantes, como combustible, medicina, forraje, construcción, entre otros (Terrones *et al.*, 2006). Los mapas de la distribución potencial de cada especie definieron áreas de alta, media y baja probabilidad de presencia (PP) de especies. Los detalles del procedimiento han sido presentados por Guevara-Escobar *et al.* (2008). De manera breve, se usaron registros botánicos e información ambiental geográficamente distribuida para obtener predicciones mediante el procedimiento GARP (Genetic Algorithm for Rule-setting Prediction). El modelo de los requerimientos biofísicos de

Guevara-Escobar, A., M. Cervantes-Jiménez, H. Suzán-Azpiri, *et al.* 2012. "Distribución potencial de algunas leguminosas arbustivas en Guanajuato y el Bajío" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 153-166.

una especie se genera con un algoritmo genético con reglas de solución que busca asociaciones no aleatorias entre las características ambientales de las localidades de ocurrencia conocida, en contraste con las características de la región en general. El análisis GARP produce modelos predictivos de la distribución para cada especie; cada predicción resulta de la aplicación de distintos algoritmos. Se tomaron los mejores 10 modelos de un total de 100, generados para identificar el conjunto de modelos donde se repite el patrón de áreas de manera más estable. Los mejores modelos serían aquellos con los valores más bajos de omisión y los que presentaran la mayor tasa de clasificación correcta. Los modelos se sumaron con el módulo Spatial Analyst versión 1.1, del programa Arc View 3.2, y se generó un mapa con 10 categorías, donde el número máximo corresponde al área con mayor probabilidad de presencia. Este mapa se reclasificó en categorías de probabilidad: baja, donde convergen de uno a tres modelos; media, de cuatro a siete; alta de ocho a 10. Con esto se generó el modelo final de distribución potencial de cada especie o género.

Resultados y discusión

En general, la distribución conocida de las 11 especies consideradas en el estudio concordó con la distribución espacial producida con la modelación, como puede observarse en las figuras 1 a 11. Los resultados mostraron que las especies de los géneros *Caesalpinia, Pithecellobium, Prosopis, Lysiloma, Eysenhardtia* y *Albizia* tienen una mayor presencia potencial en la región, que se traduce en una alta probabilidad de establecerse en Guanajuato, por lo que la descripción de los resultados se basará en estas seis especies.

En el centro y suroeste del Bajío la PP fue alta para *Caesalpinia* spp. y *Pithecellobium dulce*, distribución conforme a su rango de distribución en zonas ecológicas del trópico húmedo y subhúmedo, donde las condiciones de humedad y temperatura son apropiadas para su desarrollo (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999). En comparación con el norte del Bajío, la zona más árida, la PP de *Caesalpinia* spp. y *Pithecellobium dulce* no fue alta. Sin embargo, las dos especies mostraron una relación inversa en cuanto a su distribución espacial: el *P. dulce* presentó una mayor afinidad con la altitud, donde *Caesalpinia* spp. tuvo una PP media o ausencia predicha (AP); dos ejemplos claros fueron la Sierra de Pénjamo y la Sierra de Cuatralba hasta la Sierra de Santa Bárbara hacia su vertiente oriental.

Se identificaron zonas de PP media y baja para dos grupos de especies del BTC: *Calliandra* spp., *L. microphylla*, *P. laevigata* y *S. polyantha* que se consideran con buena distribución en la actualidad, y *L. leucocephala, A. plurijuga* y *E. polystachya*, cuya presencia es más escasa y tienden a desaparecer. Sobresalió *Calliandra* spp. con una buena PP en el norte y oeste del Bajío, excepto en la zona de San Luis de la Paz. Cabe señalar que este género se adapta en un intervalo amplio de precipitación (700 - 3 000 mm) en la zona ecológica del BTC (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999) y presenta una distribución diferente a la de *Caesalpinia* spp. y *P. dulce*.

En el caso de *L. leucocephala* –aunque no hay registros botánicos de esta especie– se cultiva en el Bajío, lo que sugiere una amplia distribución en zonas tropicales y subtropicales húmedas, áridas y semiáridas (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999). Por ello, el pronóstico de distribución potencial para *L. leucocephala* para el norte del Bajío debe considerarse con reserva por la falta de registros botánicos de esa área, o esperar hasta tener información sobre su establecimiento y adaptación, ya que las bajas temperaturas invernales reducen su supervivencia y crecimiento. El área de distribución potencial de *L. leucocephala* en el Bajío posiblemente sólo pueda mantenerse bajo cuidados agronómicos, considerando que la PP de *P. dulce* fue alta, donde la de *L. leucocephala* fue baja.

El modelo para *A. farnesiana* mostró que su distribución en el estado aumenta en la zona sureste y disminuye hacia el centro, patrón que se parece a *P. laevigata*; no obstante, las zonas de PP alta fueron mayores para *P. laevigata* en relación con *A. farnesiana*. Aunque el resultado es

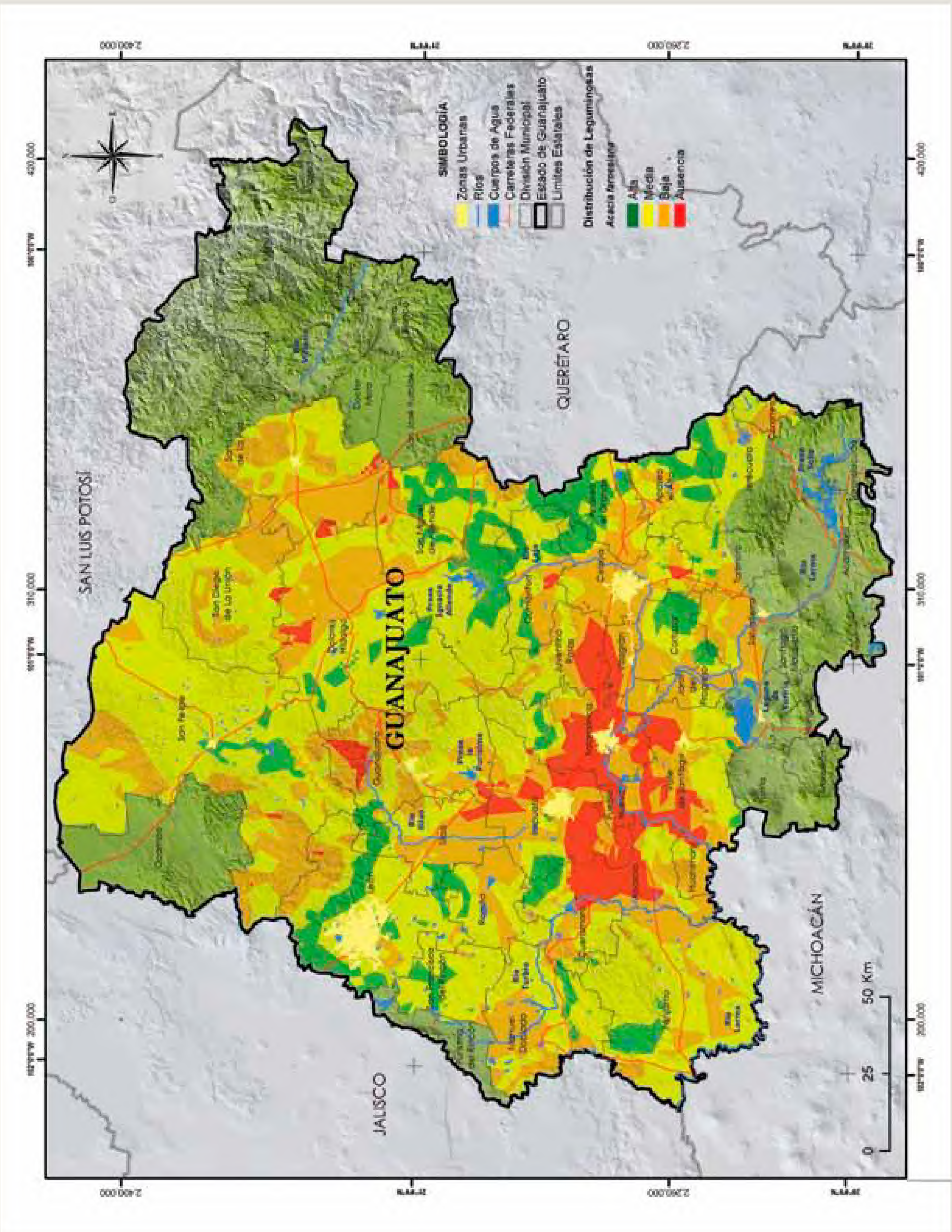


Figura 1. Modelo de probabilidad de presencia para *Acacia*. Fuente: Guevara-Escobar *et al*., 2008.

8 Capítulo

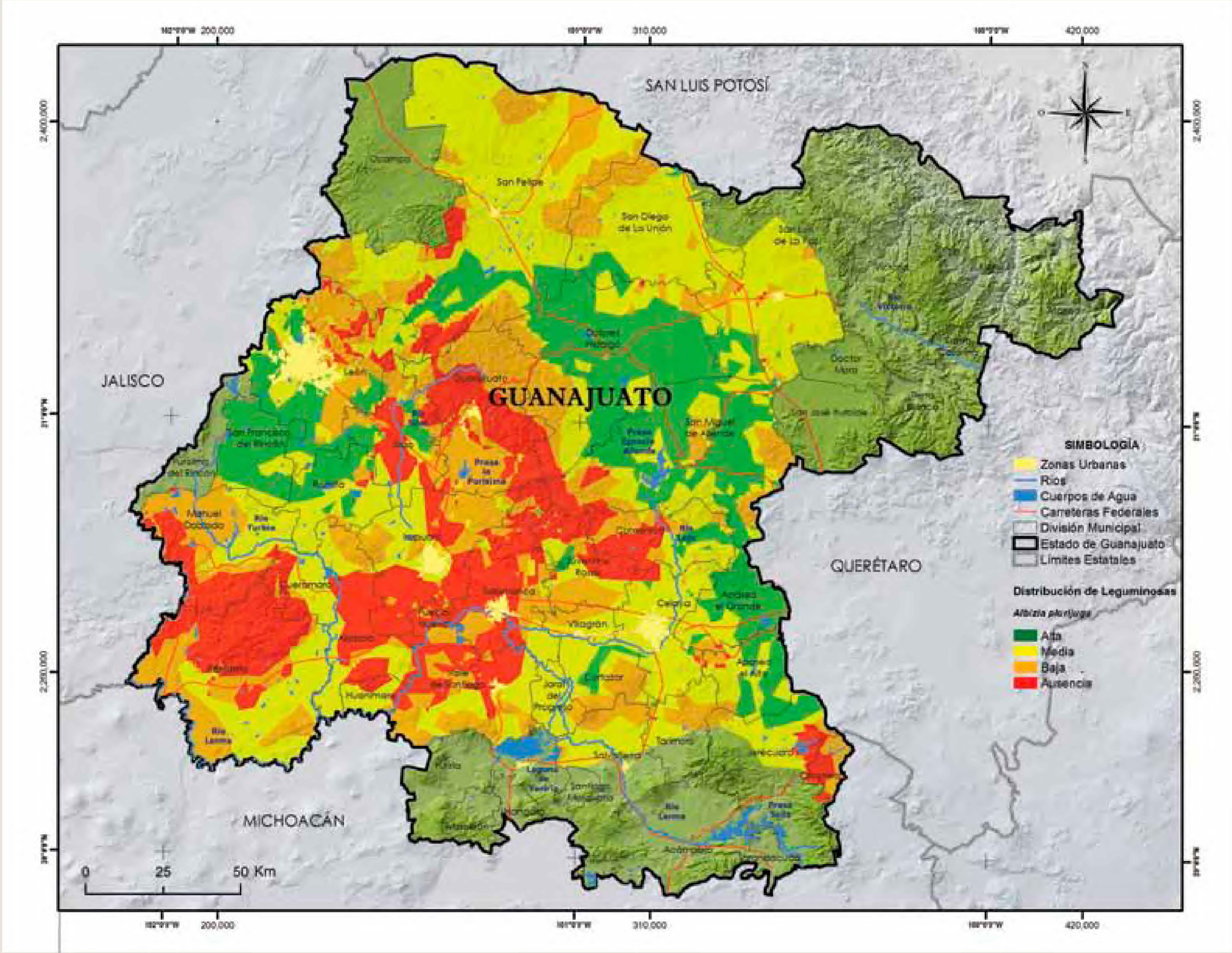


Figura 2. Modelo de probabilidad de presencia para *Albizia*. Fuente: Guevara-Escobar *et al.*, 2008.

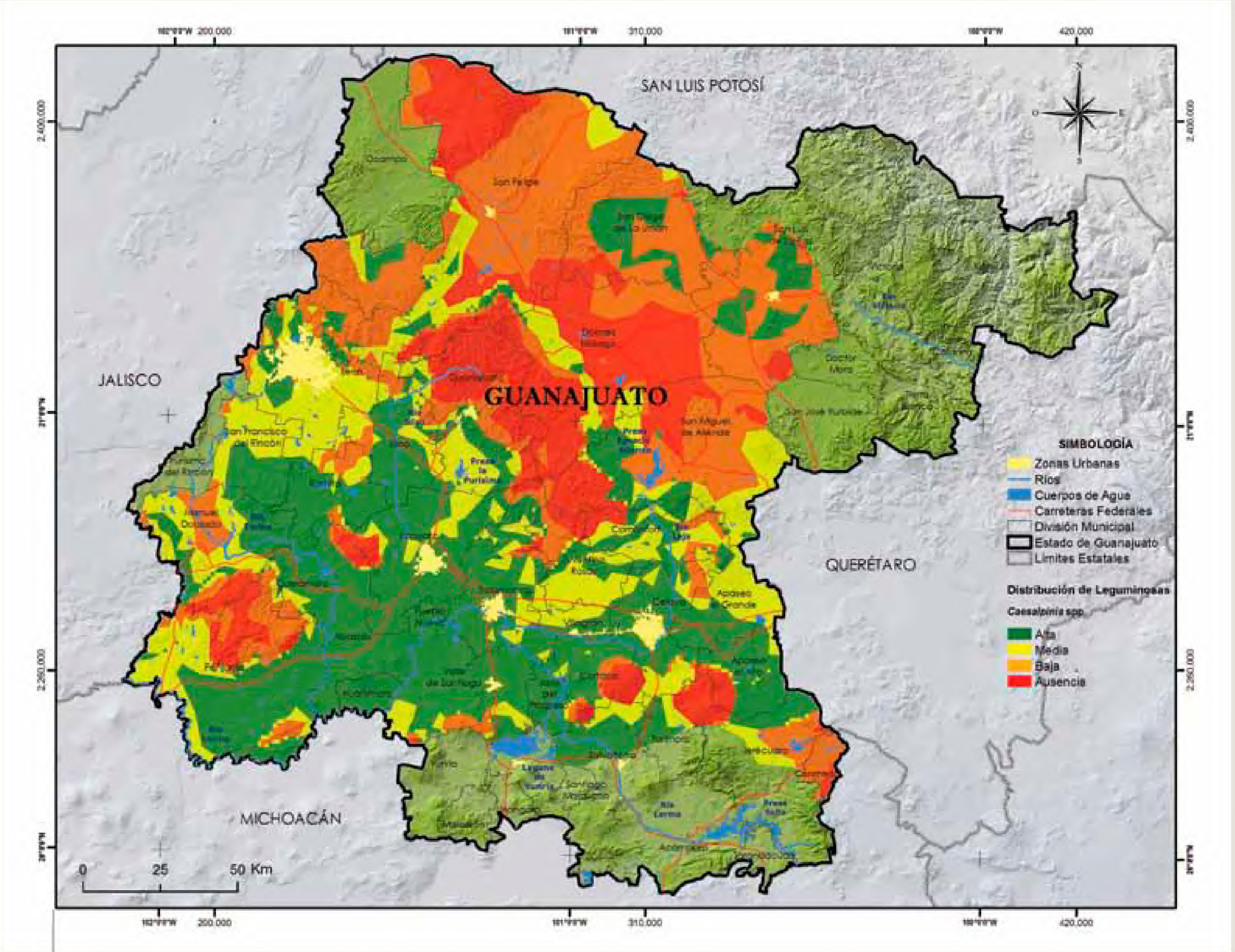


Figura 3. Modelo de probabilidad de presencia para *Caesalpinia*. Fuente: Guevara-Escobar *et al.*, 2008.

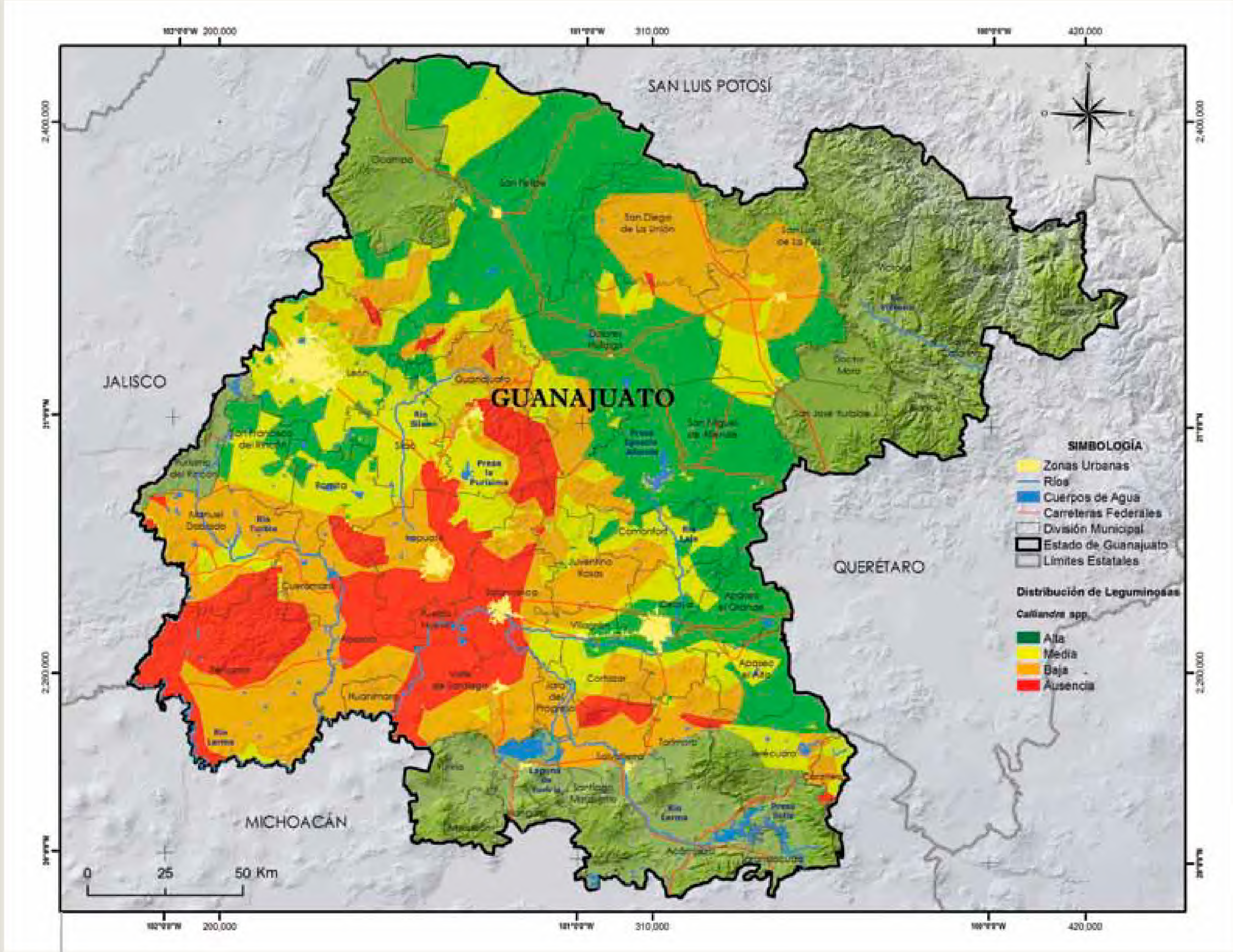


Figura 4. Modelo de probabilidad de presencia para *Calliandra*. Fuente: Guevara-Escobar *et al.*, 2008.

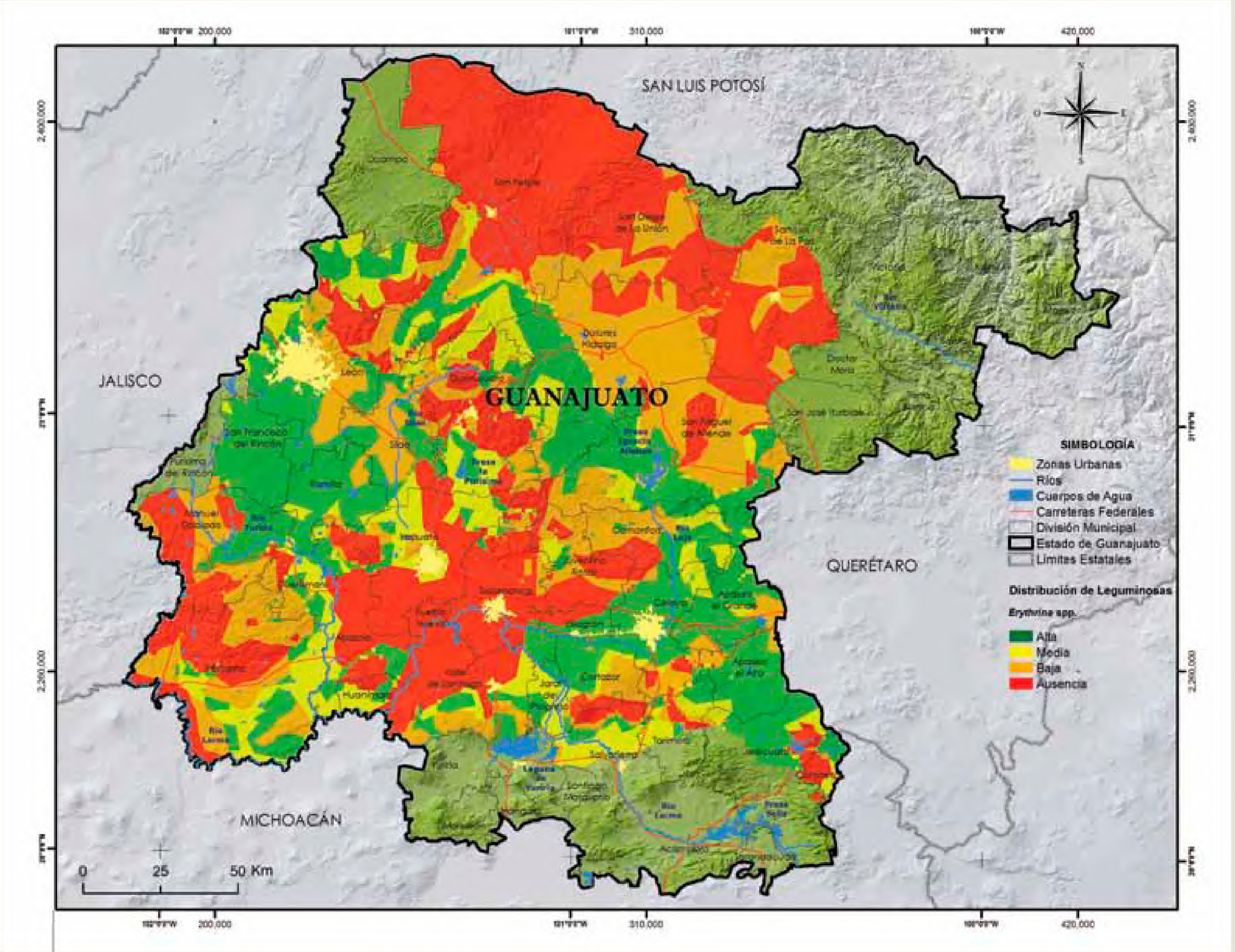


Figura 5. Modelo de probabilidad de presencia para *Erythrina*. Fuente: Guevara-Escobar *et al.*, 2008.

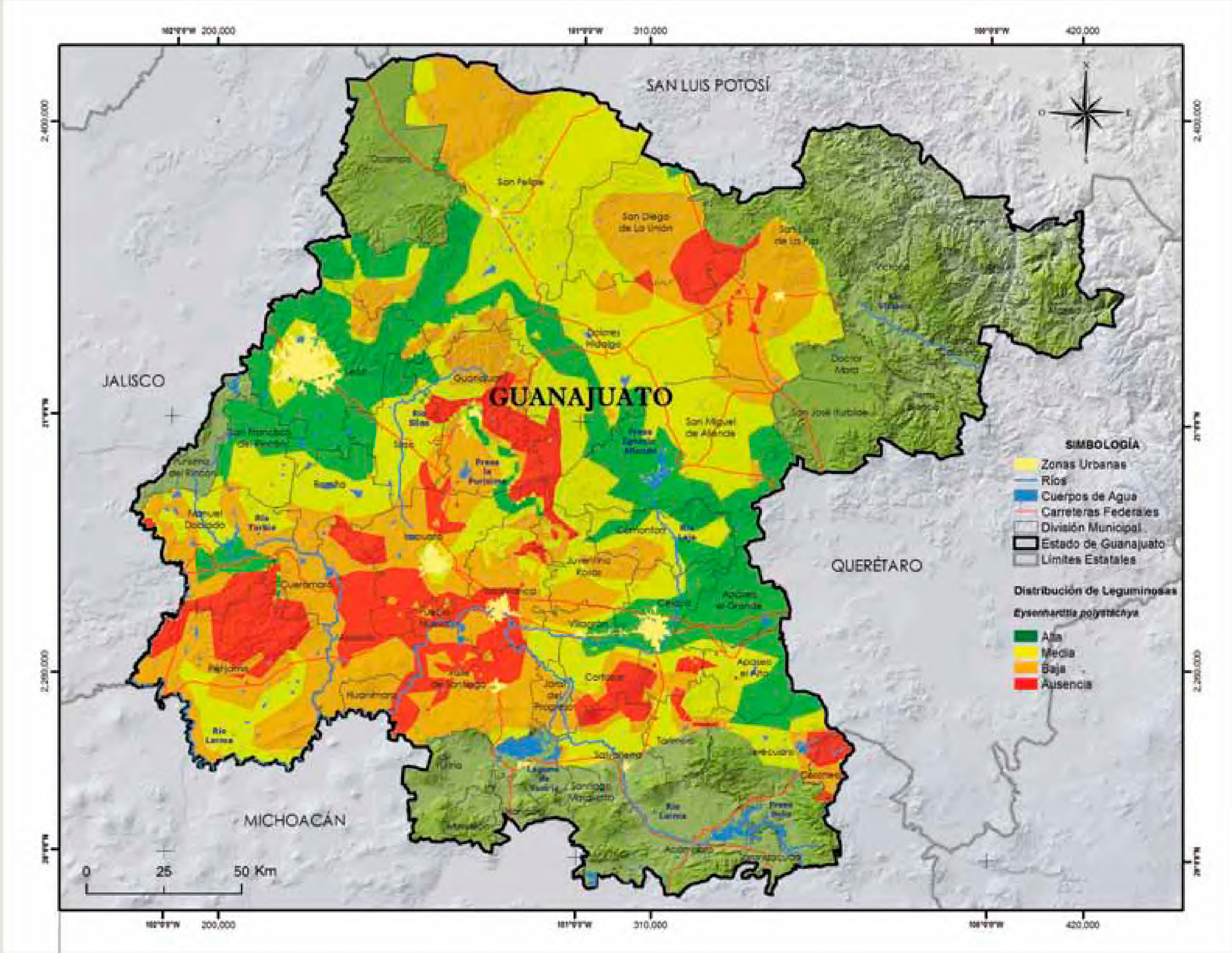


Figura 6. Modelo de probabilidad de presencia para *Eysenhardtia*. Fuente: Guevara-Escobar *et al*., 2008.

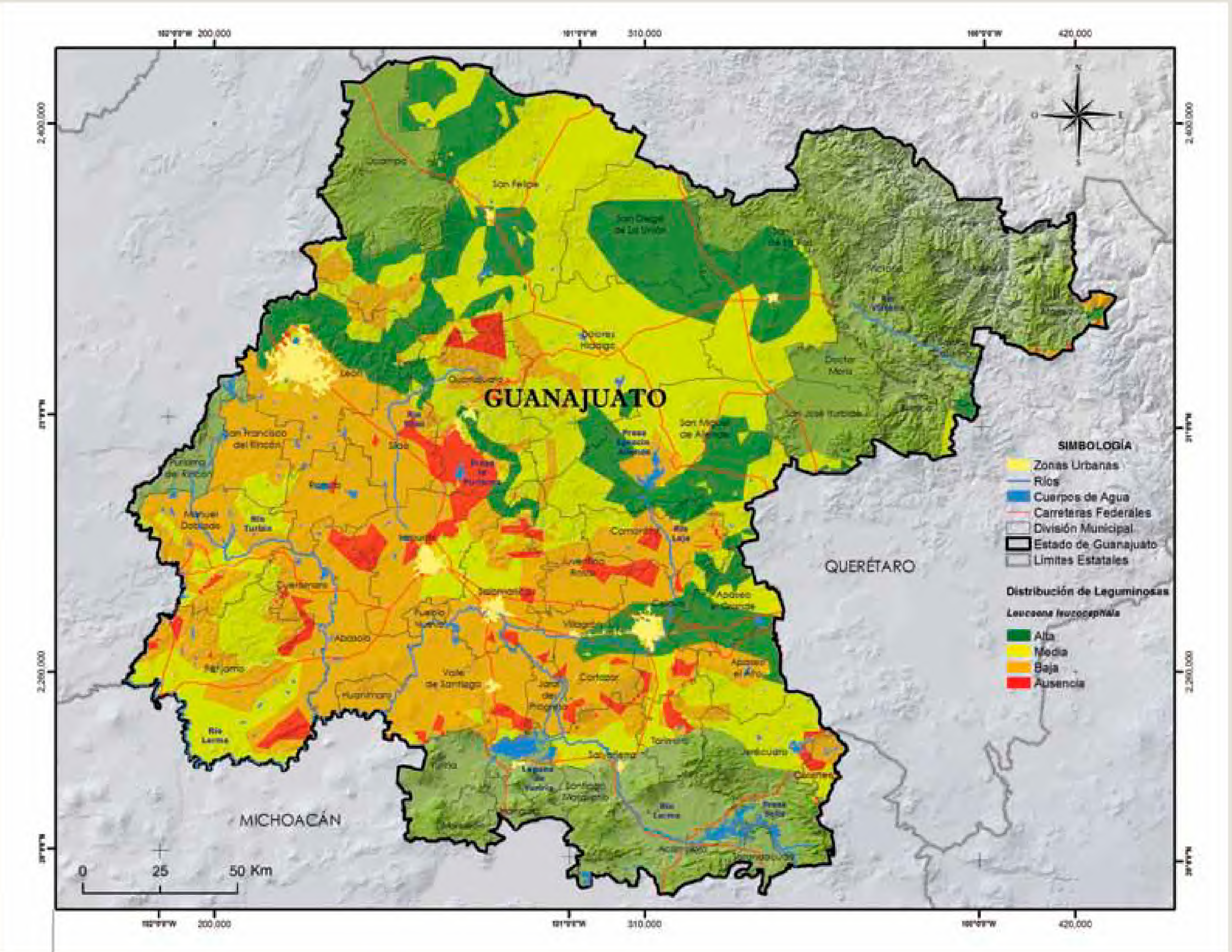


Figura 7. Modelo de probabilidad de presencia para *Leucaena*. Fuente: Guevara-Escobar *et al.*, 2008.

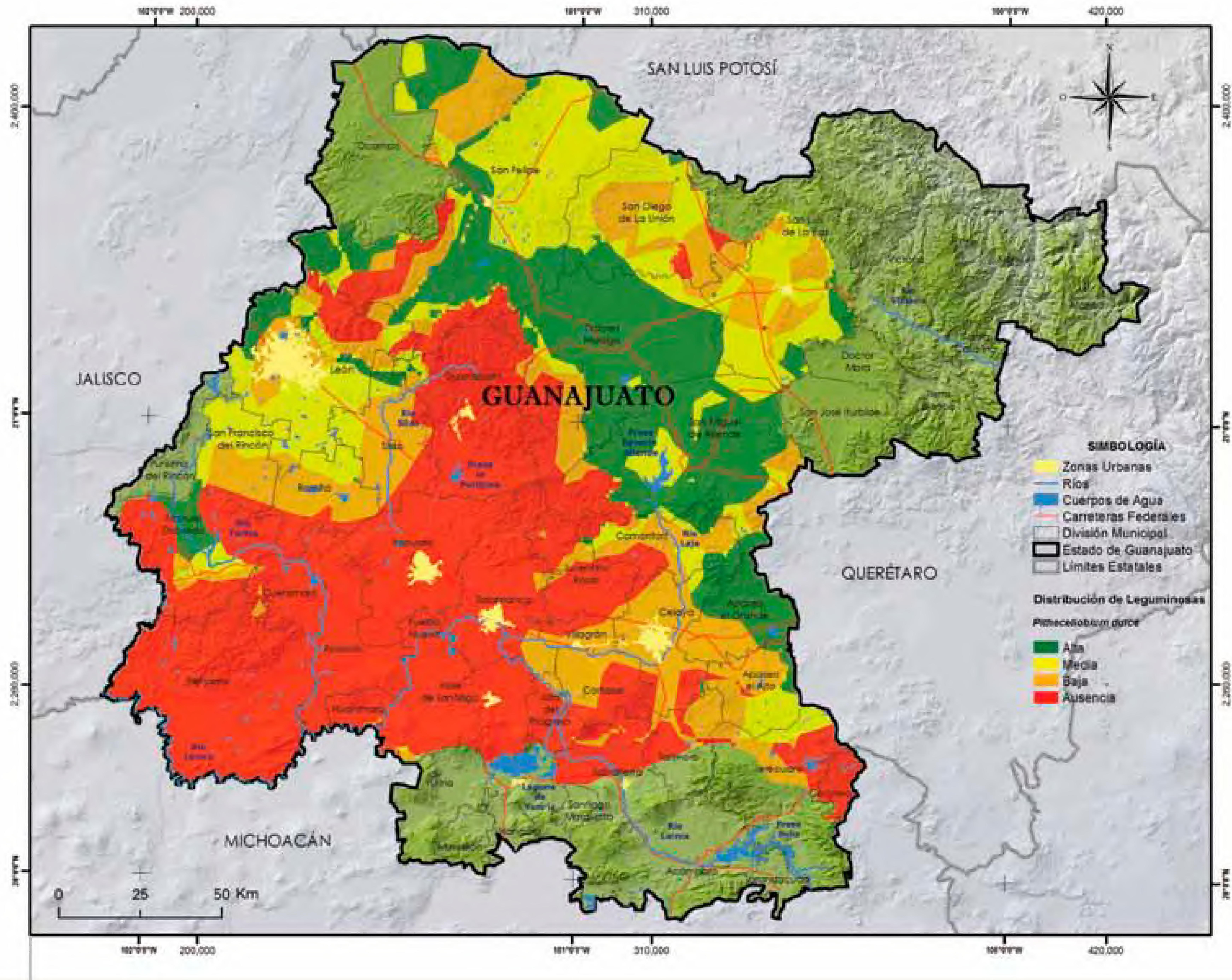


Figura 8. Modelo de probabilidad de presencia para *Pithecellobium*. Fuente: Guevara-Escobar *et al*., 2008.

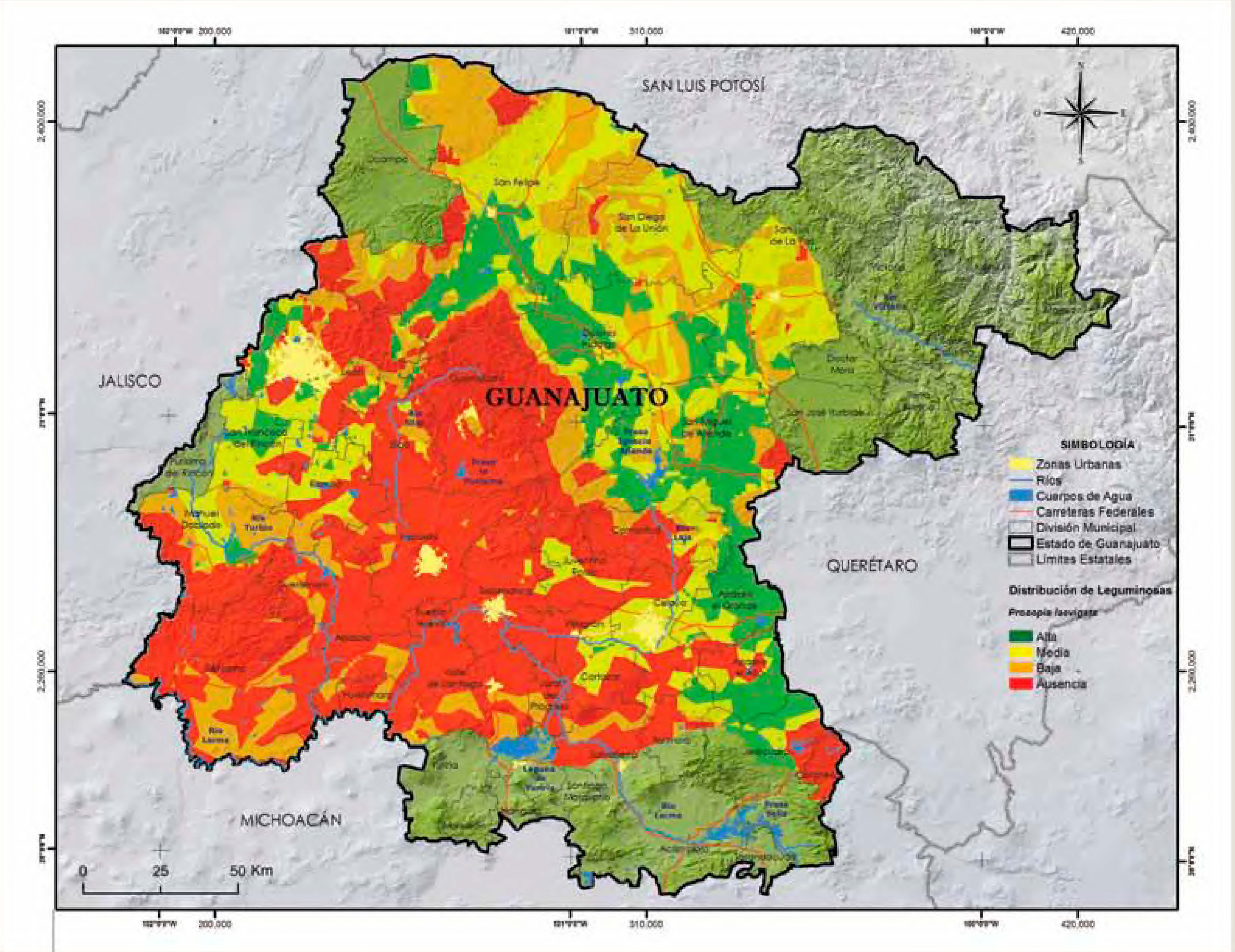


Figura 9. Modelo de probabilidad de presencia para *Prosopis*. Fuente: Guevara-Escobar *et al.*, 2008.

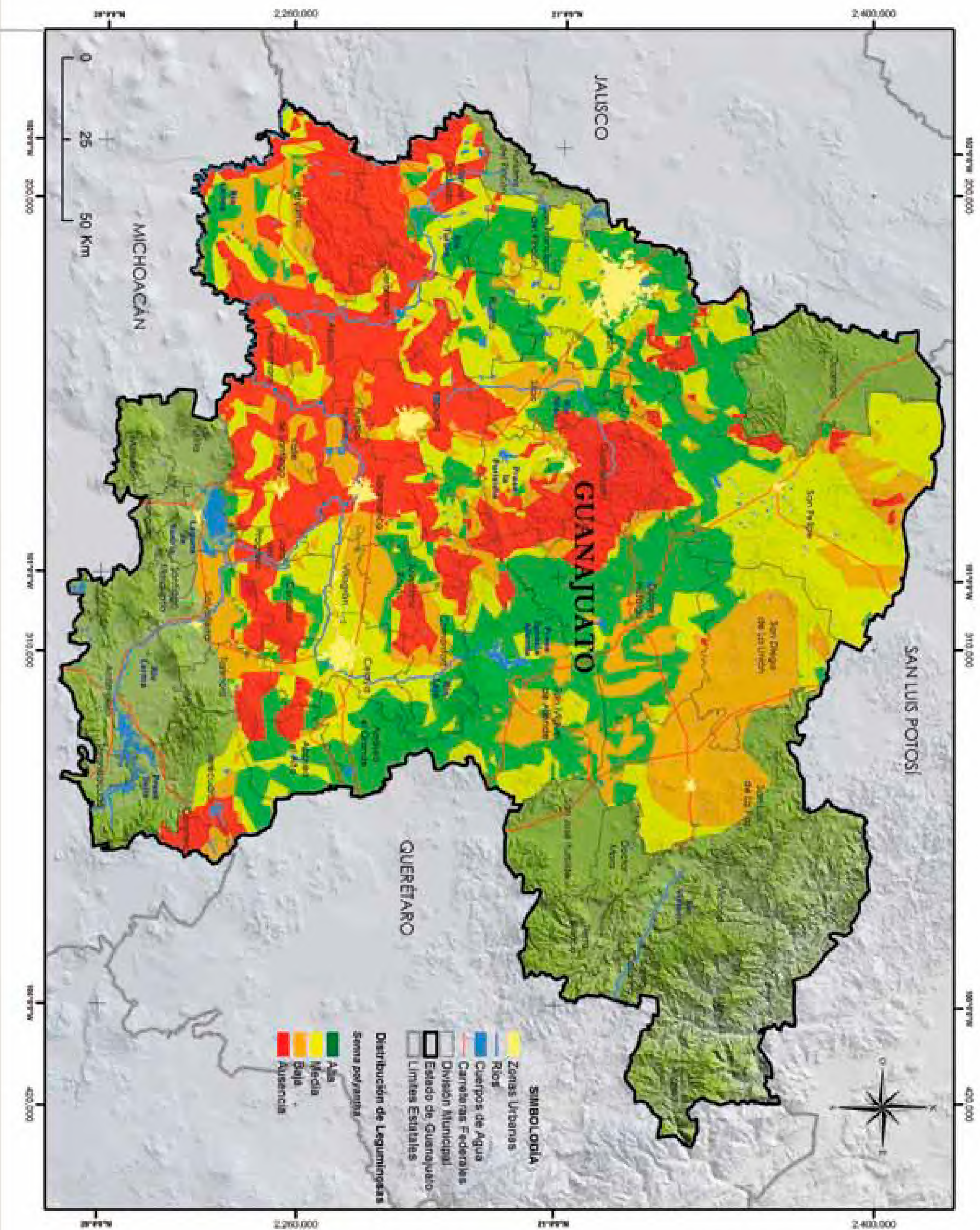


Figura 10. Modelo de probabilidad de presencia para *Senna*. Fuente: Guevara-Escobar *et al.*, 2008.

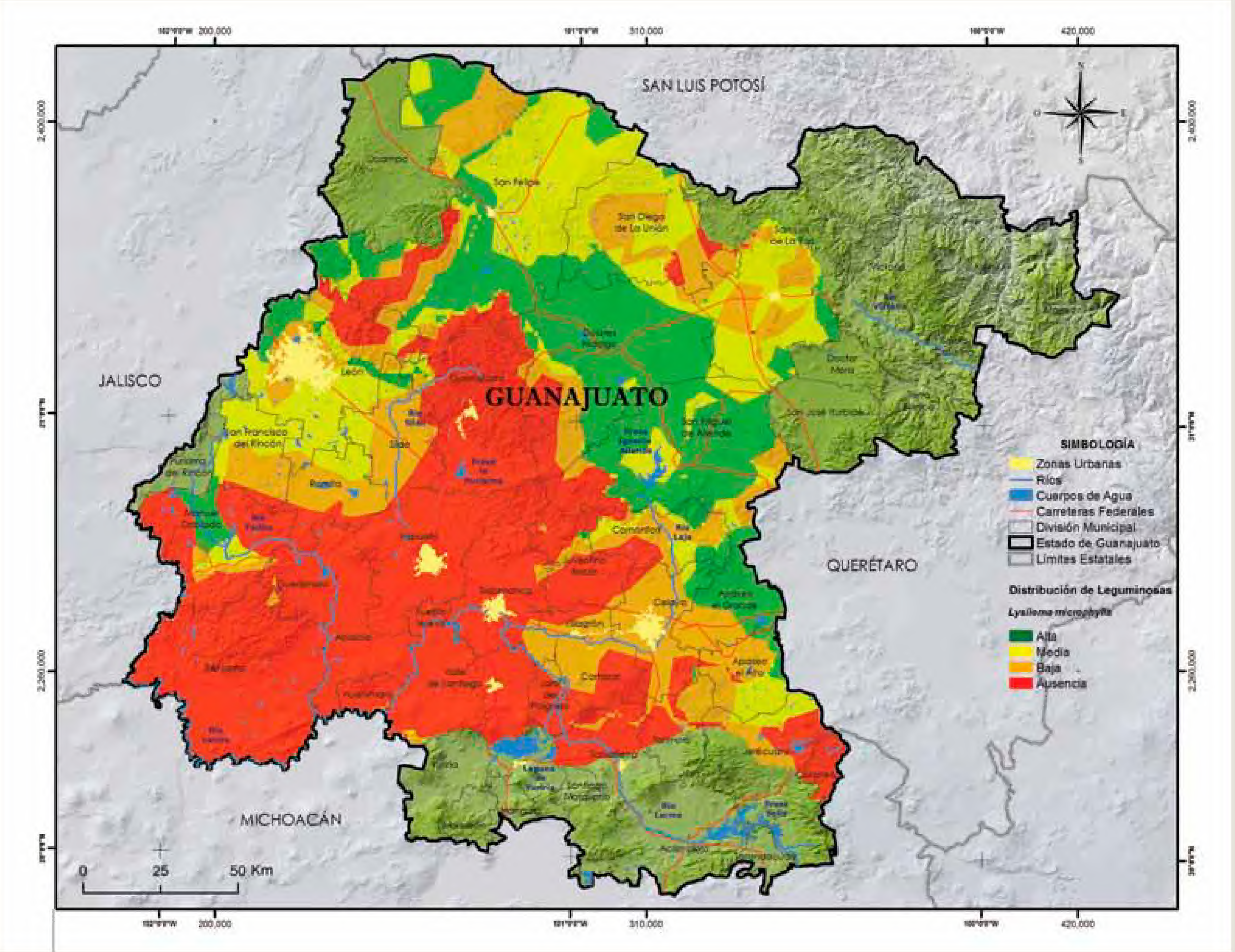


Figura 11. Modelo de probabilidad de presencia para *Lysiloma*. Fuente: Guevara-Escobar *et al.*, 2008.

significativo por la vasta distribución actual de *Acacia* en el Bajío, los mapas generados sugieren que en las áreas de PP alta de *A. farnesiana* se asocian con zonas de PP alta de especies inermes de *L. microphylla, L. leucocephala, A. plurijuga, Calliandra* spp., *Erythrina* spp. y *E. polystachya.*

Conclusión

Los resultados generados en este trabajo permiten dirigir los esfuerzos de reforestación en el estado de Guanajuato. Puntualmente es importante ampliar el espectro de especies de leguminosas nativas usadas en la restauración y reforestación del BTC, que representa 66% del área total de vegetación tropical en México, además de ser importante por su elevado número de endemismos y su alta diversidad florística. Aproximadamente 60% de las especies que habitan en el BTC son exclusivas de México (Rzedowski, 1991). De acuerdo con lo anterior, los modelos PP pueden aplicarse como una herramienta para la planeación de estrategias de reforestación y reconversión agrícola, considerando que el establecimiento de las leguminosas arbustivas depende en gran medida del agua disponible en el sistema, por eso la implementación de técnicas como el acolchado de piedras favorecen el establecimiento de las plantas, ya que disminuye la pérdida de agua por evaporación y la competencia por recursos.

Literatura citada

Butzer, K.W. y E.K. Butzer. 1997. "The natural vegetation of the Mexican Bajío: Archival documentation of a 16th century savanna environment", *Quaternary International* **43/44**: 161-172.

Carranza, G.E. 2005. "Conocimiento actual de la flora y la diversidad vegetal del estado de Guanajuato, México", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículos complementarios, serie 21.

García, N. H., J. López, R. Moreno *et al.* 1999. "Potencial agrícola del distrito de desarrollo rural 004, Celaya, Guanajuato, México. Una aplicación del enfoque de límites de transición gradual (fuzzy) utilizando SIG", *Investigaciones Geográficas* **38**: 69-83.

Guevara-Escobar, A., E. González-Sosa, H. Suzán-Azpiri *et al.* 2008. "Distribución potencial de algunas leguminosas arbustivas del Bajío", *Agrociencia* **42**: 703-716.

Miranda, F. y E. Hernández. 1963. "Los tipos de vegetación de México y su clasificación", *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **28**: 29-179.

Niembro, R. A. 2001. "Las diásporas de los árboles y arbustos nativos de México: posibilidades y limitaciones de uso en programas de reforestación y desarrollo agroforestal", *Madera y Bosques* **7**: 3-11.

Peña, J. A. y L. Neyra. 1998. "Amenazas a la biodiversidad", en *La diversidad biológica de México: estudio de país*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

Rzedowski, J. 1991. "Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica mexicana". *Acta Botánica Mexicana* **14**: 3-21

Terrones, R., C. González y S.A. Ríos. 2006. *Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato*. Libro Técnico núm 1. México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Vázquez-Yanes, C., A.I. Batis, M.I. Alcocer *et al.* 1999. *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto J084. México, Conabio/Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

¿QUÉ SABEMOS DE LAS ARAÑAS DE GUANAJUATO?



César Raziel Lucio-Palacio | José Carlos Arenas Monroy | Christian Martín García Balderas

Introducción

Las arañas (orden Araneae) son un grupo de invertebrados pertenecientes a la clase de los arácnidos, caracterizado por presentar su cuerpo dividido en dos regiones corporales, la anterior (prosoma) y el abdomen (opistosoma). En la región del prosoma cuentan con seis pares de apéndices: un par de quelíceros, esto es, los colmillos, utilizados para inocular veneno a sus presas; un par de apéndices de forma similar a las patas y que son llamados pedipalpos, los cuales emplean como órganos sensoriales y funcionan como órganos copulatorios en los machos, y cuatro pares de apéndices locomotrices, que corresponden propiamente a las patas. Mientras tanto, en la región del opistosoma se encuentran los apéndices denominados hileras, que le confieren a las arañas la particularidad de hilar y tejer telarañas (a algunos grupos) con la seda producida en glándulas especializadas, lo que les ha permitido un gran éxito en la conquista de prácticamente todos los hábitats terrestres (Jiménez, 1996). En la figura 1 puede observarse una araña típica en su telaraña, perteneciente a la familia Araneidae.

Por lo anterior, es de entenderse que estos organismos tengan una muy amplia distribución a nivel mundial: con alrededor de 41 000 especies (Platnick, 2010) su diversidad es tan grande que, según Jiménez (1996), han llegado a ocupar el séptimo lugar comparado con los cinco grandes órdenes de insectos (Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera, Hemiptera) y con ácaros (Acari). En México se encuentran representadas más de la mitad de las familias registradas en el mundo y 11 géneros se citan endémicos al país, es decir que sólo se distribuyen en México (Jiménez, 1996).

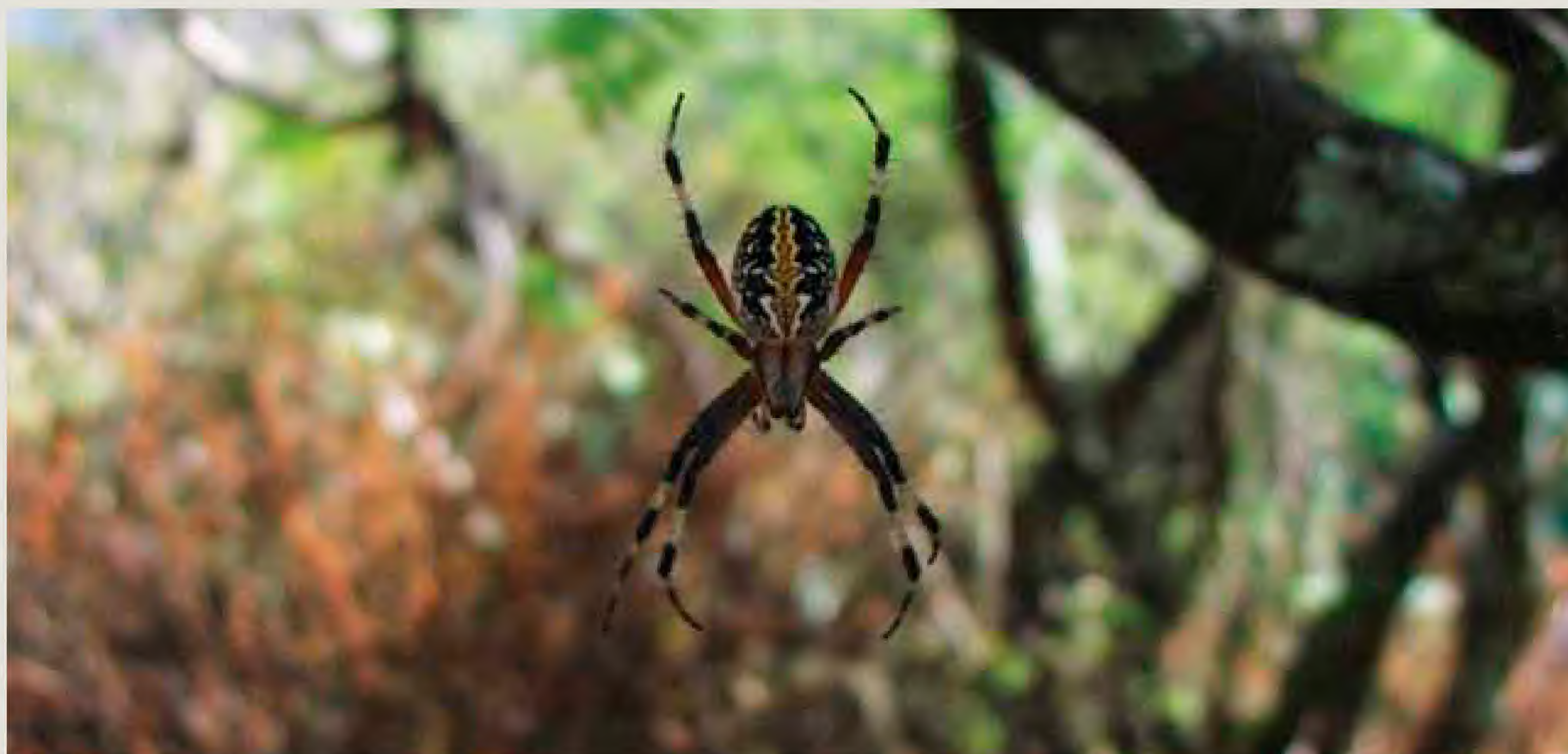


Figura 1. *Neoscona oaxacensis* (familia Araneidae, hembra adulta) en un sitio con matorral tropical, cerro Culiacán, municipio de Cortazar, Guanajuato (fotografía de César Raziel Lucio Palacio).

Lucio-Palacio, C. R., J. C. Arenas-Monroy y C. M. García-Balderas. 2012*a*. "¿Qué sabemos de las arañas de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 167-171.

Las arañas se encuentran dentro de los más hábiles cazadores y están consideradas como los invertebrados depredadores más abundantes dentro de los ecosistemas terrestres, en donde actúan como agentes estabilizadores de poblaciones de insectos (Pérez-de la Cruz y De la Cruz-Pérez, 2005) al formar parte del complejo de enemigos naturales de los mismos. Debido a este aspecto, junto con su abundancia y gran capacidad para colonizar diferentes agroecosistemas, se les ha considerado organismos de utilidad dentro del control biológico de plagas tal y como lo mencionan Pérez-de la Cruz *et al.* (2007).

Conocimiento actual

Hasta el momento se han reportado 46 especies de arañas para la entidad. El listado actualizado que aquí se presenta supera al de Hoffman (1976), quien menciona 26 especies, y al de Jiménez (1996), quien cita 34 especies. Las familias con mayor número de especies registradas son Araneidae (12 especies) y Salticidae (siete especies), mientras que familias usualmente diversas en otros estados, como Theridiidae, apenas si cuentan con registros o se asume que existen ciertas especies en el estado (Hoffman, 1976). El listado completo de especies reportadas a la fecha en la literatura para el estado puede consultarse en el apéndice I.

El recuento de trabajos araneológicos en Guanajuato es breve. Como en muchos de los grupos zoológicos, Alfredo Dugès realizó colectas y observaciones incipientes durante su estancia, desde mediados de los 1800 hasta principios del siglo XX (Hoffman, 1976). Entre los escasos estudios recientes destacan los realizados con material biológico originario del estado, como el de Tietjen (1986). En las décadas de 1980 y 1990, el equipo del doctor George Uetz, de la Universidad de Cincinnati, produjo varios trabajos relacionados con el comportamiento comunal de *Metepeira spinipes* y *M. atascadero* (*i.e.* Uetz, 1985; Uetz y Cangialosi, 1986; Uetz, 1988; Hieber y Uetz, 1990; Rayor y Uetz, 1993); lo que además proporcionó el material tipo para la descripción de *M. atascadero* (Piel, 2001). Recientemente, Quijano-Ravell (2008) presentó los resultados de un estudio en la Sierra de los Agustinos, municipio de Acámbaro, en donde comparó patrones de riqueza de diversos grupos de arácnidos, incluyendo arañas, entre áreas con matorral y áreas con bosque de encino. Si bien no incluye un listado de las especies encontradas, pues únicamente identificó organismos a nivel de género, los resultados obtenidos permiten reconocer que existe una importante diversidad de especies de arañas y que se requieren estudios formales que aborden exclusivamente a este grupo de artrópodos. En el recuadro 1 se muestran resultados preliminares de la recolecta de arañas en los cerros Culiacán y La Gavia, en donde se puede apreciar que a pesar del bajo número de muestreos se han encontrado nuevos registros de especies para el estado.

Importancia ecológica, económica y cultural

La gran variedad de especies de arañas es visible en la diversidad de ambientes terrestres e incluso acuáticos en que se llegan a ubicar (Turnbull, 1973; Nyffeler y Benz, 1987). De manera general, son depredadores por excelencia, suelen ser abundantes y su dieta está principalmente basada en insectos (Turnbull, 1973; Riechert y Lockley, 1984; Nyffeler y Benz, 1987; Nyffeler, 2000). Asimismo, bajo condiciones óptimas pueden alcanzar densidades de 1 000 individuos por metro cuadrado (Pearse, 1946; Duffey, 1962). En la naturaleza son parte importante de la regulación de las poblaciones de insectos ya que limitan en gran medida las explosiones demográficas en los ecosistemas (Riechert y Lockley, 1984; Young y Edwards, 1990), en el cuadro 1 se pueden observar estimaciones de consumo de presas por arañas en diferentes tipos de hábitat.

Los pesticidas representan una amenaza para la araneofauna ya que eliminan sus poblaciones naturales indiscriminadamente (Riechert y Lockley, 1984). Algunos estudios se han realizado evaluando el potencial de las arañas como agentes de control biológico en agroecosistemas. Además se conoce su función en la naturaleza y su desempeño como depredadores experimentalmente (Nyffeler y Benz, 1987; Young y Edwards, 1990; Greenstone, 1999; Riechert, 1999; Nyffeler, 1999 y 2000). A nivel nacional son muy pocos los estudios que han explorado el impacto de las arañas para controlar organismos plaga (*i.e.*

Cuadro 1. Estimación de los kilogramos de presa consumidos en peso fresco por las arañas en distintos tipos de hábitat en el mundo. Modificado de Nyffeler (2000).

Tipo de hábitat	*kg PC ha^{-1} $año^{-1}$
Bosques de Europa	≈ 100
Marismas saladas de los Estados Unidos de América	≈ 250
Cafetales libres de insecticidas en Nueva Guinea	≈ 160-300
Pastizales no controlados en Europa	≈ 150-230
Pastizales de Festuca abandonados en Europa	≈ 60
Praderas con manejo intensivo (4-6 podas por año) y cultivos en Europa	≈ 1-10
Media anual del mundo	≈ 42 500
Media anual en el Reino Unido	>80

*Kg PC $ha^{-1}año^{-1}$ = kilogramos de presa consumidos por hectárea por año.

Pérez-de la Cruz *et al*., 2007), siendo inexistentes publicaciones de esta temática para el estado.

Respecto a la importancia médica de las arañas, se sabe que ya en civilizaciones antiguas las arañas eran temidas debido a la toxicidad de su veneno (Hoffman, 1976), sin embargo, según se cita en Jiménez (1996), las especies que han causado algún tipo de envenenamiento al ser humano se registran en 38 géneros alrededor del mundo, de los cuales sólo 20 se encuentran en nuestro país.

En México, las arañas reportadas que pueden llegar a producir envenenamientos al ser humano con consecuencias fatales son sólo la viuda negra (*Latrodectus mactans*) y las arañas violinistas (género *Loxosceles*), que suelen ser las llamadas *reclusas* (Jiménez, 1996). A pesar de que el envenenamiento resultante del contacto accidental con la viuda negra es relativamente poco frecuente y en ocasiones resulta difícil identificarlo, se considera que los signos y síntomas clínicos deben ser reconocidos con oportunidad a fin de ofrecer un tratamiento oportuno (Sotelo *et al*., 2005). Por otra parte, el cuadro clínico producido por la mordedura de la araña violinista es conocido como loxoscelismo, en el que se presentan lesiones de tejido celular que puede causar la muerte a 7% de los pacientes adultos (Pérez *et al*., 2009). En el caso de Guanajuato, no existe información pública que muestre un conteo de casos de mordedura de araña. La presencia de arañas del género *Loxosceles* es únicamente anecdótica, pues hasta el momento no se ha registrado ninguna especie, siendo el único estado del país sin registros en literatura especializada (Ramos y Méndez, 2008; Santiago-García *et al*., 2009).

Respecto a la importancia cultural de las arañas en el estado, localmente se utilizan a las viudas negras (*Latrodectus mactans*) en algunos remedios contra la resaca (observación personal). Actualmente, se recopilan datos entre habitantes de la región de cerro Culiacán para indagar si existen más datos etnobiológicos de alguna especie (datos no publicados).

Conclusiones y recomendaciones

Sugerimos seguir realizando inventarios y estudios de la araneofauna presente en el estado en ecosistemas naturales y agroecosistemas, con el fin de identificar las especies más importantes en la regulación de las poblaciones de insectos, asimismo, para evaluar el desempeño y viabilidad de la aplicación de estas especies en programas y estrategias estatales de control de plagas en cultivos, dado que el estado es predominantemente agrícola.

Además, cabe esperar que un futuro próximo se encuentren ejemplares de alguna especie de araña violinista que permitan el registro adecuado de este grupo para el estado, lo que permitirá una mejor detección y diagnóstico de casos de envenenamiento por mordeduras de este tipo de arañas.

Recuadro 1

La araneofauna de los cerros Culiacán y La Gavia



César Raziel Lucio-Palacio | José Carlos Arenas Monroy | Christian Martín García Balderas

Con 46 especies registradas, Guanajuato se encuentra entre los 10 estados con menor número de registros de arañas para el país, por delante de Campeche y detrás de Colima (Jiménez, 1996). Sin embargo, es muy probable que la riqueza de arañas para el estado sea mucho mayor. Recientemente se han realizado colectas esporádicas de arañas en el Área Natural Protegida Cerros Culiacán y La Gavia (coordenadas centrales: 20° 22' N y 100º 55' O) (iee, 2002). Los organismos identificados hasta ahora incluyen a cinco especies que son nuevos registros para el estado: *Castianeira dorsata, Castianeira plorans, Argiope argentata, Tegenaria domestica* y *Agelenopsis aperta*. Estos registros presentan un aumento de 11% en el número de especies conocidas para el estado. Algunos de los organismos colectados no presentan las características necesarias para su identificación científica, por lo que seguramente la lista de especies continuará creciendo conforme se obtengan más y mejores ejemplares y si las recolectas se llevan a cabo de una manera sistemática. Los ejemplares se encuentran resguardados en la Colección Zoológica de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (czuaa).

Literatura citada

Duffey, E. 1962. "A population study of spiders in limestone grassland", *Journal of Animal Ecology* **31**: 571-599.

Greenstone, M.H. 1999. "Spider predation: how and why we study it", *Journal of Arachnology* **27**: 333-342.

Hieber, C.S. y G.W. Uetz. 1990. "Colony size and parasitoid load in two species of colonial *Metepeira* spiders from Mexico (Araneae: Araneidae)", *Oecologia* **82**: 145-150.

Hoffman, A. 1976. *Relación bibliográfica preliminar de las arañas de México (Arachnida:Araneae)*. México, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (unam).

iee (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato). 2002. *Programa de manejo del área natural protegida cerros Culiacán y La Gavia*. México.

Jiménez, M.L. 1996. "Araneae", en J. Llorente-Bousquets, A.N. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.), *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/unam, pp. 83-101.

Nyffeler, M., y G. Benz. 1987. "Spiders in natural pest control: A review", *Journal of Applied Entomology* **103**: 321-339.

———. 1999. "Prey selection of spiders in the field", *Journal of Arachnology* **27**: 317-324.

———. 2000. "Ecological impact of spider predation: a critical assessment of Bristowe's and Turnbull's estimates", *Bulletin of the British Arachnological Society* **1**: 367-373.

Pearse, A. 1946. "Observations on the microfauna of the Duke forest", *Ecological Monographs* **16**: 127-150.

Pérez, B., E. Rodríguez y M. del C. Sánchez. 2009. "Loxoscelismo cutáneo visceral", *Archivos de Medicina de Urgencia de México* **1**: 33-38.

Pérez-de la Cruz, M. y A. De la Cruz-Pérez. 2005, "Diversidad de terídiidos (Araneae: Theridiidae) en cuatro asociaciones florísticas, en el ejido 'Las Delicias' en Teapa, sureste de México", *Universidad y Ciencia* **21**: 41-44.

———, S. Sánchez-Soto, C.F. Ortíz-García *et al.* 2007. "Diversidad de insectos capturados por arañas tejedoras (Arachnida: Araneae) en el agroecosistema cacao en Tabasco, México", *Neotropical Entomology* **36**: 90-101.

Piel, W.H. 2001. "The Systematics of Neotropical Orbweaving Spiders in the Genus Metepeira (Araneae: Araneidae", *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* **157**: 1-92.

Platnick, N.I. 2010. The world spider catalog, version 11.0. American Museum of Natural History, en *http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog/index.html*, última consulta octubre de 2010.

Quijano-Ravell, A. 2008. "Diversidad aracnofaunística en dos tipos de vegetación de la Sierra de los Agustinos, Municipio de Acámbaro, Guanajuato, México", *Entomología Mexicana* **7**: 15-20.

Ramos, R. H. y D.J. Méndez. 2008. "Necrotic Araneism. A Review of the *Loxosceles* Genus. I. General aspects, distribution and venom composition", *Advances in Environmental Biology* **2**: 9-19.

Rayor, L.S. y G.W. Uetz. 1993. "Ontogenetic shifts within the selfish herd: predation risk and foraging trade-offs change with age in colonial web-building spiders", *Oecologia* **95**: 1-8.

Riechert, S.E. y T. Lockley. 1984. "Spiders as biological control agents", *Annual Review of Entomology* **29**: 299-320.

———. 1999. "The hows and whys of successful pest suppression by spiders: insights from case studies", *Journal of Arachnology* **27**: 387-396

Santiago-García, D., A.M. Claros-Guzmán y C.R. Lucio-Palacio. 2009. *Nuevo registro de* Loxosceles *(Araneae: Sicariidae) para el estado de Aguascalientes*, México. Dugesiana.

Sotelo, C.N., V.J. Hurtado y R.N. Gómez. 2005. "Envenenamiento en niños por mordedura de la araña "Latrodectus mactans" (viuda negra), características clínicas y tratamiento", *Gaceta Médica México* **142**: 103-108.

Tietjen, W.J . 1986. "Effects of colony size on web structure and behavior of the social spider *Mallos gregalis* (Araneae, Dictynidae)", *Journal of Arachnology* **14**: 145-157.

Turnbull, A.L. 1973. "Ecology of the true spiders (Araneomorphae)", *Annual Review of Entomology* **18**: 305-348.

Uetz, G.W. 1985. "Ecology and behavior of *Metepeira spinipes* (Araneae: Araneidae), a colonial web-building spider from Mexico", *National Geographic Research Reports* **19**: 597-609.

——— y K.R. Cangialosi. 1986. "Genetic differences in social behavior and spacing in populations of *Metepeira spinipes* F.O. Pickard-Cambridge (Araneae:Araneidae), a communal-territorial orb weaver", *Journal of Arachnology* **14**: 159-173.

———. 1988. "Group foraging in colonial web-building spiders: evidence for risk-sensitivity", *Behavioral Ecology and Sociobiology* **22**: 265-270.

Young, O.P. y G.B. Edwards. 1990. "Spiders in United States field crops and their potential effect on crop pests", *Journal of Arachnology* **18**: 1-27.

CHAPULINES



Manuel Darío Salas-Araiza | Patricia Alatorre-García | Eduardo Salazar-Solís

Los chapulines o acridoideos son insectos con aparato bucal masticador, la mayoría son alados pero otros carecen de ellas. Las patas posteriores están adaptadas para el salto, el tamaño puede ir de pequeño a grande y la coloración es variable; entierran los huevos en el suelo, de donde emergen las ninfas con las primeras lluvias (Gangwere *et al*., 1997).

Los acridoideos forman parte de la cadena trófica y son alimento de aves migratorias como el búho llanero (*Athene cunicularia hypogaeae*), que pasa el invierno en el municipio de Irapuato proveniente del sur de Canadá y que también se alimenta de *Amblytropidia myzteca*, chapulín que se encuentra a lo largo del año en los pastizales del estado (Salas-Araiza y Salazar-Solís, 2009). En este sentido es interesante señalar que una sola comunidad de pastizal puede incluir de 30 a 40 especies de chapulines en una temporada (Fielding, 2004). La estructura poblacional de las especies que componen un hábitat puede diferir en densidad, dominancia y composición, debido a la vegetación, humedad, tipo de suelo y temperatura ambiental (Gardner y Thompson, 2001; Salas-Araiza *et al*., 2007).

Existen 10 000 especies de chapulines reportadas a nivel mundial (Pfdat, 1994); para México, Otte (1984) reportó 53 géneros y 140 especies. En el estado se han colectado especímenes de chapulines de 54.4% del total de los municipios, los cuales se encuentran depositados en la colección entomológica "Leopoldo Tinoco Corona", de la Universidad de Guanajuato. En el cuadro 1 se indican los municipios donde las diversas especies fueron colectadas y en el apéndice 1 se muestran las diferentes especies agrupadas por orden, familias y subfamilias.

En un trabajo realizado por Salas-Araiza *et al.* (2003) en el estado sobre la fauna de chapulines, se reporta el material identificado en cuatro familias, ocho subfamilias, 41 géneros y 65 especies de la superfamilia Acridoidea, número de especies que representa 35% de las reportadas para México. Mencionan, además, que la especie más abundante es *Melanoplus differentialis* (figura 1), con casi 16% de los ejemplares colectados, le sigue *Syrbula admirabilis* con alrededor de 12% y *Amblytropidia mysteca* y *Melanoplus lakinus* con 9%. Dichos autores concluyen que las 65 especies determinadas representan sólo la mitad de las especies presentes en el estado; cuando compararon la fauna de chapulines de Guanajuato con la de otras regiones, señalaron que 92% son de afinidad Neártica y el 8% restante es de afinidad Neotropical.

De las especies determinadas para Guanajuato, varias de ellas son plagas de los cultivos: *M. differentialis, Sphenarium purpurascens*, *M. lakinus*, etcétera, otras como *Hesperotettix viridis*, que se alimenta de matorrales en los pastizales del estado, contribuyen a mantener las plantas indeseables en poblaciones bajas. Otras especies de chapulines sirven como fuente de alimento de mamíferos y aves e incluso al hombre, como la especie *S. purpurascens*, ya que contiene hasta 50% de proteína cruda (Capinera *et al*., 2004).

Es necesario realizar estudios en los municipios restantes de la entidad para tener una referencia de las especies que en ellos se encuentran y cuáles sirven de alimento a otras aves; el hábitat de muchas de las especies que fueron colectadas en el municipio de Irapuato, en la actualidad ya no existe, pues la mancha urbana lo cubrió; este inventario ayudará a tener una referencia de lo que allí hubo.

Salas-Araiza, M. D., P. Alatorre-García y E. Salazar-Solís. 2012*a*. "Chapulines" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 172-176.

Cuadro 1. Municipios y especies de acridoideos recolectados en el estado de Guanajuato (Salas-Araiza *et al.*, 2003).

Municipio	Especies
Abasolo	*Melanoplus lakinus, Boopedon diabolicum, Boopedon flaviventris, Trimerotropis pallidipennis, Schistocerca nitens nitens, Taeniopoda eques, Melanoplus femurrubrum, Netrosoma rubricorne, Paratettix mexicanus, Tetrix ornata*
Acámbaro	*Dicromorpha viridis, Melanoplus lakinus, Sphenarium mexicanum*
Allende	*Xanthippus corallipes, Amblytropidia myzteca, Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Trimerotropis latifasciata, Trimerotropis pallidipennis*
Apaseo el Alto	*Melanoplus differentialis, Brachystola mexicana, Melanoplus lakinus, Encoptolophus costalis, Boopedon diabolicum*
Apaseo el Grande	*Amblytropidia myzteca, Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Eritettix simples, Leprus elephas, Melanoplus differentialis, Schistocerca* spp., *Syrbula admirabilis, Trimerotropis fontana, Trimerotropis latifasciata, Trimerotropis pallidipennis, Trimerotropis tolteca, Schistocerca albolineata*
Atarjea	*Taeniopoda eques, Syrbula admirabilis, Sphenarium purpurascens*
Celaya	*Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Leprus elephas, Melanoplus differentialis, Rhammatocerus viatorius, Syrbula admirabilis, Trimerotropis pallidipennis, Leprus wheeleri*
Manuel Doblado	*Amblytropidia myzteca, Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Schistocerca conhi, Sphenarium purpurascens, Syrbula admirabilis, Trimerotropis pallidipennis, Rhammatocerus viatorius*
Comonfort	*Leprus elephas, Trimerotropis pallidipennis, Melanoplus differentialis, Brachystola mexicana, Schistocerca conhi, Boopedon diabolicum, Sphenarium purpurascens, Trimerotropis tolteca, Hesperotettix viridis, Melanoplus lakinus, Spharagemon equale, Syrbula admirabilis*
Coroneo	*Rhammatocerus viatorius, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Sphenarium purpurascens, Schistocerca conhi, Amblytropidia myzteca, Boopedon diabolicum, Syrbula admirabilis, Dactylotum bicolor, Netrosoma xanthops, Orphulella pelidna, Paratettix mexicanus*
Cortazar	*Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Trimerotropis pallidipennis, Schistocerca conhi, Melanoplus differentialis, Sphenarium purpurascens*
Cuerámaro	*Aulocara ellioti, Melanoplus differentialis, Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Schistocerca conhi, Sphenarium purpurascens, Syrbula admirabilis, Taeniopoda eques, Philocleon luceroae, Philocleon nigrovittatus*
Doctor Mora	*Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Dactylotum bicolor, Melanoplus differentialis, Schistocerca cohni, Syrbula admirabilis, Trimerotropis pallidipennis*
Dolores Hidalgo	*Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Trimerotropis pallidipennis. Hesperotettix viridis, Ligurotettix planum*
Guanajuato	*Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Leprus elephas, Melanoplus differentialis,, Psoloessa texana, Rhammatocerus viatorius, Schistocerca cohni, Trimerotropis pallidipennis, Hesperotettix viridix, Ligurotettix planum, Leuronotina ritensis, Paratettix mexicanus*
Huanímaro	*Melanoplus lakinus, Boopedon flaviventris, Amblytropidia myzteca, Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Schistocerca cohni, Sphenarium purpurascens, Trimerotropis pallidipennis, Philocleon luceroae, Philocleon nigrovittatus*

Cuadro 1. Continuación.

Municipio	Especies
Irapuato	*Hesperotettix viridis, Melanoplus lakinus, Melanoplus differentialis, Melanoplus femurrubrum, Achurum sumichrastis, Achurum carinatum, Amblytropidia myzteca, Ligurotettix planum, Boopedon diabolicum, Boopedon flaviventris, Psoloessa texana, Syrbula admirabilis, Syrbula montezuma, Phlibostroma quadrimaculatum, Aulocara elliotti, Rhammatocerus viatorius, Orphulella pelidna, Arphia conspersa, Arphia simplex, Xanthippus corallipes, Lactista aztecus, Trachyrhachys aspera, Spharagemon equale, Leprus elephas, Leprus intermedius, Trimerotropis pallidipennis, Trimerotropis* spp., *Trimerotropis latifasciata, Schistocerca cohni, Schistocerca nitens nitens, Schistocerca piceifrons, Sphenarium mexicanum, Sphenarium purpurascens, Brachystola magna, Brachystola mexicana, Paratettix mexicanus, Schistocerca albolineata, Paratettix rugosus, Encoptolophus costalis, Pardolophora haldemeni, Opeia obscura, Boopedon gracile, Pardolophora haldemeni, Hippiscus ocelote, Lactista punctatus, Lactista elota, Pedies cerropotosi, Aztecacris laevis, Dactylotum bicolor, Chimarocephala pacifica, Encoptolophus* sp., *Philocleon luceroae, Dicromorpha viridis, Tetrix* spp., *Paratettix aztecus, Tettigidea chichimeca, Tetrix ornata*
Jaral del Progreso	*Amblytropidia myzteca, Boopedon diabolicum, Melanoplus differentialis, Lactista aztecas, Netrosoma xanthops, Pedies cerropotosi, Psoloessa texana*
Jerécuaro	*Amblytropidia myzteca, Boopedon diabolicum, Melanoplus differentialis, Sphenarium purpurascens, Syrbula montezuma, Syrbula admirabilis*
León	*Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Dactylotum bicolor, Melanoplus differentialis, Syrbula admirabilis, Trimerotropis pallidipennis, Trimerotropis tolteca, Melanoplus lakinus, Lactista aztecus, Achurum sumicrastis, Philocleon luceroae*
Moroleón	*Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Schistocerca cohni, Sphenarium purpurascens, Dactylotum bicolor*
Ocampo	*Aulocara ellioti, Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Hesperotettix viridis, Melanoplus differentialis, Schistocerca cohni, Syrbula admirabilis, Trimerotropis pallidipennis, Leprus intermedius, Melanoplus lakinus, Melanoplus femurrubrum, Phlibostroma quadriculatum*
Pénjamo	*Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Melanoplus lakinus, Orphulella pelidna, Rhammatocerus viatorius, Taeniopoda eques, Syrbula admirabilis, Syrbula montezuma, Sphenarium purpurascens, Orphulella pelidna, Philocleon luceroae, Philocleon nigrovittatus*
Pueblo Nuevo	*Boopedon diabolicum, Melanoplus differentialis, Melanoplus lakinus, Sphenarium purpurascens, Syrbula admirabilis, Syrbula montezuma*
Purísima	*Amblytropidia myzteca, Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Schistocerca cohni, Sphenarium purpurascens, Syrbula admirabilis, Taeniopoda eques, Trimerotropis pallidipennis, Melanoplus lakinus, Philocleon luceroae, Philocleon nigrovittatus*
Romita	*Melanoplus differentialis, Boopedon diabolicum, Trimerotropis tolteca, Syrbula admirabilis, Chimarocephala pacifica*
Salamanca	*Lactista aztecus, Boopedon diabolicum, Melanoplus differentialis, Melanoplus lakinus, Syrbula admirabilis, Melanoplus femurrubrum, Metalaptea brevicornis, Brachystola mexicana Philocleon luceroae, Philocleon nigrovittatus*
Salvatierra	*Amblytropidia myzteca, Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Melanoplus lakinus, Syrbula admirabilis, Trimerotropis pallidipennis, Sphenarium purpurascens, Rhammatocerus viatorius, Tettigidea chichimeca, Tetrix ornata*
San Diego de la Unión	*Boopedon diabolicum, Melanoplus differentialis, Trimerotropis pallidipennis, Arphia conspersa*
San Felipe	*Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis*

Cuadro 1. Continuación.

Municipio	Especies
San Francisco del Rincón	*Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Schistocerca cohni, Trimerotropis tolteca, Orphulella pelidna, Melanoplus lakinus, Leprus equale, Amblytropidia mysteca*
San José Iturbide	*Melanoplus differentialis, Boopedon diabolicum, Syrbula admirabilis, Trimerotropis* spp
San Luis de la Paz	*Melanoplus differentialis, Syrbula admirabilis, Leprus elephas, Aulocara ellioti, Trimerotropis* spp., *Amblytropidia myzteca, Dactylotum bicolor, Trimerotropis pallidipennis, Melanoplus lakinus, Spharagemon spp., Trachyrhachys kiowa*
Santa Catarina	*Melanoplus differentialis, Syrbula admirabilis, Taeniopoda eques, Trimerotropis pallidipennis*
Santa Cruz de Juventino Rosas	*Amblytropidia myzteca, Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Melanoplus lakinus, Rhammatocerus viatorius, Sphenarium purpurascens, Trimerotropis pallidipennis, Schistocerca cohni, Syrbula admirabilis, Taeniopoda eques, Schistocerca piceifrons, Pedies cerropotosi, Orphulella pelidna*
Santiago Maravatío	*Melanoplus differentialis, Melanoplus lakinus, Schistocerca cohni, Syrbula admirabilis*
Silao	*Ligurotettix planum, Psoloessa texana, Rhammatocerus viatorius, Lactista aztecus Leprus elephas, Trmerotropis* spp., *Syrbula admirabilis, Boopedon diabolicum, Melanoplus differentialis, Trimerotropis pallidipennis, Encoptolophus costalis, Achurum sumichrasti, Arphia simplex, Ligurotettix planum, Sphenarium purpurascens*
Tarandacuao	*Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Schistocerca cohni, Sphenarium purpurascens, Sphenarium mexicanum, Aztecacris laveis*
Tarimoro	*Melanoplus differentialis, Boopedon diabolicum, Melanoplus lakinus, Syrbula montezuma, Melanoplus femurrubrum, Sphenarium purpurascens, Trachyrhachys aspera, Brachystola mexicana, Leprus wheeleri, Schistocerca cohni, Sphenarium purpurascens, Taeniopoda eques, Orphulella pelidna*
Tierra Blanca	*Melanoplus differentialis, Trimerotropis pallidipennis, Schistocerca cohni, Rhammatocerus viatorius, Melanoplus lakinus, Leprus* spp., *Netrosoma xanthops*
Uriangato	*Boopedon diabolicum, Melanoplus differentialis, Rhammatocerus viatorius, Schistocerca cohni, Syrbula admirabilis*
Valle de Santiago	*Amblytropidia myzteca, Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Schistocerca cohni, Melanoplus lakinus, Melanoplus femurrubrum, Trimerotropis pallidipennis, Rhammatocerus viatorius, Arphia simplex, Ligurotettix planum, Boopedun gracile, Sphenarium purpurascens, Aztecacris laveis, Psoloessa texana*
Victoria	*Melanoplus differentialis, Rhammatocerus viatorius, Syrbula admirabilis, Trimerotropis pallidipennis*
Villagrán	*Boopedon diabolicum, Melanoplus differentialis, Syrbula admirabilis, Trimerotropis pallidipennis*
Xichú	*Dactylotum bicolor, Melanoplus femurrubrum, Trimerotropis* spp., *Melanoplus differentialis, Rhammatocerus viatorius, Ligurotettix planum*
Yuriria	*Arphia simplex, Melanoplus lakinus, Amblytropidia myzteca, Boopedon diabolicum, Brachystola mexicana, Melanoplus differentialis, Sphenarium purpurascens, Trimerotropis pallidipennis, Sphenarium mexicanum*



Figura 1. *Melanoplus differentialis* la especie de chapulín más abundante en el estado. Imagen del acervo fotográfico de la colección entomológica "Leopoldo Tinoco Corona" de la Universidad de Guanajuato.

Literatura citada

Capinera, J.L., R.D. Scout y T.J. Walter. 2004. *Field guide to grasshoppers, katydids, and crickets of the United States*. E.U.A., Cornell University Press.

Fielding, D.J. 2004. Developmental time of *Melanoplus sanguinipes* (Orthoptera: Acrididae) at high latitudes, *Environmental Entomology* **35**: 1166-1177.

Gangwere, S.K., M.C. Muralirangan y M. Muralirangan. 1997. *The Bionomics of Grassshoppers, katydids and their kin*. Madras, India, CAB International.

Gardner, K.T. y D.C. Thompson. 2001. Develpment and phenology of the beneficial grasshopper *Hesperotettix viridis, Southwestern Entomologist* **26**: 305-313.

Otte, D. 1984. *The North American Grasshoppers*, vol. 2. Cambridge, Harvard University Press.

Pfdat, R.A. 1994. *Field guide to common western grasshoppers*. Bulletin 912, Wyoming Agricultural Experiment Station.

Salas-Araiza, M.D. y E. Salazar-Solís. 2009. "Enemigos naturales de plaga de chapulines (Orthoptera: Acrididae) con énfasis en Guanajuato, México. Una breve revisión", *Vedalia* **13**: 57-64.

———, E. Salazar-Solís y G. Montesinos-Silva. 2003. "Acridoideos (Insecta: Orthoptera) del estado de Guanajuato, México", *Acta Zoológica Mexicana* **89**: 29-38.

——— E. Salazar-Solís, G. Montesinos-Silva, *et al.* 2007. "Dinámica poblacional de *Melanoplus differentialis* (Thomas) (Orthoptera: Acrididae) en Irapuato, Gto.", *Folia Entomológica Mexicana* **46**: 109-118.

BUPRESTIDAE Y CERAMBYCIDAE (COLEOPTERA)



Víctor Hugo Toledo Hernández | Angélica María Corona López

Introducción

Los insectos son el grupo de organismos más diverso en nuestro planeta y se han descrito aproximadamente 830 000 especies (Gaston, 1991). De los 31 órdenes de insectos, los más diversos son Coleoptera, Diptera, Lepidoptera e Hymenoptera, que suman cerca de 700 000 especies descritas (Arnett, 1967, 1985; Hammond, 1974; Southwood, 1978; Lawrence, 1982; Evenhuis, 1989; Laithwaite *et al*., 1975; Brown, 1982), de las cuales 350 000 especies son coleópteros (escarabajos). Las familias de escarabajos más representativas son: Carabidae, Staphylinidae, Scarabaeidae (*sensu lato*), Buprestidae, Tenebrionidae, Cerambycidae, Chrysomelidae y Curculionidae, con 68% de las especies, lo que representa dos tercios de la riqueza de los Coleoptera conocidos (238 000 especies) (Arnett, 1967, 1985; Hammond, 1974; Southwood, 1978; Lawrence, 1982). La relevancia de los escarabajos no sólo radica en su número de especies, sino también en el impacto que tienen en los ecosistemas. Los escarabajos se pueden encontrar desde las altas montañas, lugares templados, tropicales, áridos, en cavernas subterráneas y hábitats de agua dulce. Algunas especies son benéficas para el ser humano, tales como las que se han usado en el control biológico de plagas, o aquellas que tienen funciones de polinización. También, una gran cantidad de especies son detritívoras y participan activamente en la descomposición de la materia animal o vegetal, contribuyendo de forma importante en el reciclado y la reincorporación de nutrientes esenciales al suelo, manteniéndolos en niveles adecuados de fertilidad (Morón, 1984; Laiho y Prescott, 1999).

Distribución y diversidad

Tanto la familia Buprestidae como la familia Cerambycidae presentan una distribución cosmopolita, no obstante su mayor diversidad ha sido registrada para las zonas tropicales (Linsley, 1961; Bellamy, 2003*a*), y es precisamente en estos lugares donde se considera que aún existen muchas especies por describir o conocer.

La familia Buprestidae (escarabajos joya) (figura 1) está considerada dentro de las familias más ricas de coleópteros ya que en el mundo se reconocen 15 000 especies. Para México se tienen registradas cuatro subfamilias (Polycestinae, Chrysochroinae, Buprestinae y Agrilinae), 21 tribus, 32 subtribus, 64 géneros y 868 especies (Corona y Toledo, 2006, 2007), lo que representa 5.78% de la diversidad específica total mundial. Para el estado, se tienen registradas cuatro subfamilias, siete tribus, 10 géneros y 57 especies, esta diversidad específica representa 6.56% de la riqueza nacional (Dugès, 1878, 1891; Waterhouse, 1882; Hespenheide, 1974; Nelson y Westcott, 1976; Nelson, 1980; Westcott, 1983; Westcott *et al*., 1989) (cuadro 1).



Figura 1. Vista dorsal de *Lampetis cyanitarsis* (Corona) (fotografía de V.H. Toledo).

Toledo-Hernández V. H. y Corona-López, A. M. 2012. “Buprestidae y Cerambycidae (Coleoptera)“ en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 177-182.

Cuadro 1. Lista de especies de la Familia Buprestidae (Coleoptera) de Guanajuato.

Subfamilia	Tribu	Especie
Chrysochroinae	Dicercini	*Dicerca inconspicua*
		Lampetis dilaticollis
	Chrysochroini	*Chalcophora mexicana*
Polycestinae	Acmaeoderini	*Acmaeodera connexa*
		Acmaeodera cuprina
		Acmaeodera flavomarginata
		Acmaeodera flavopicta
		Acmaeodera moesta
		Acmaeodera scalaris
		Acmaeodera venusta
		Acmaeodera viridissima
Buprestinae	Actenodini	*Actenodes calcarata*
	Chrysobothrini	*Chrysobothris ignota*
		Chrysobothris melazona
		Chrysobothris multistigmosa
		Chrysobothris quadriplagiata
		Chrysobothris sobrina
		Chrysobothris trisignata
Agrilinae	Agrilini	*Agrilus albofasciatus*
		Agrilus alemani
		Agrilus aureus
		Agrilus aurilatera
		Agrilus bimaculatus
		Agrilus carmineus
		Agrilus chlorus
		Agrilus correctus
		Agrilus deborrei
		Agrilus dugesi
		Agrilus flohri
		Agrilus fossulatus
		Agrilus fraternus
		Agrilus heterothecae
		Agrilus igneosignatus
		Agrilus kerremansi
		Agrilus luctator
		Agrilus mathabathei
		Agrilus megerlei
		Agrilus metallescens
		Agrilus ometauhtli
		Agrilus parvusculus
		Agrilus politus
		Agrilus phaenicopterus
		Agrilus proximulus
		Agrilus purpurescens
		Agrilus rubrovittatus
		Agrilus sallei
		Agrilus sexmaculatus
		Agrilus speciosus
		Agrilus sulcatulus
		Paragrilus lesueuri
		Paragrilus rugatulus
	Trachydini	*Brachys chapusi*
		Brachys hexagonalis
		Taphrocerus chevrolati
		Taphrocerus kerremansi
		Taphrocerus leoni
		Taphrocerus mexicanus

Fuente: Dugès, 1878, 1891; Waterhouse, 1882; Hespenheide, 1974; Nelson y Westcott, 1976; Nelson, 1980; Westcott, 1983; Westcott *et al.*, 1989.

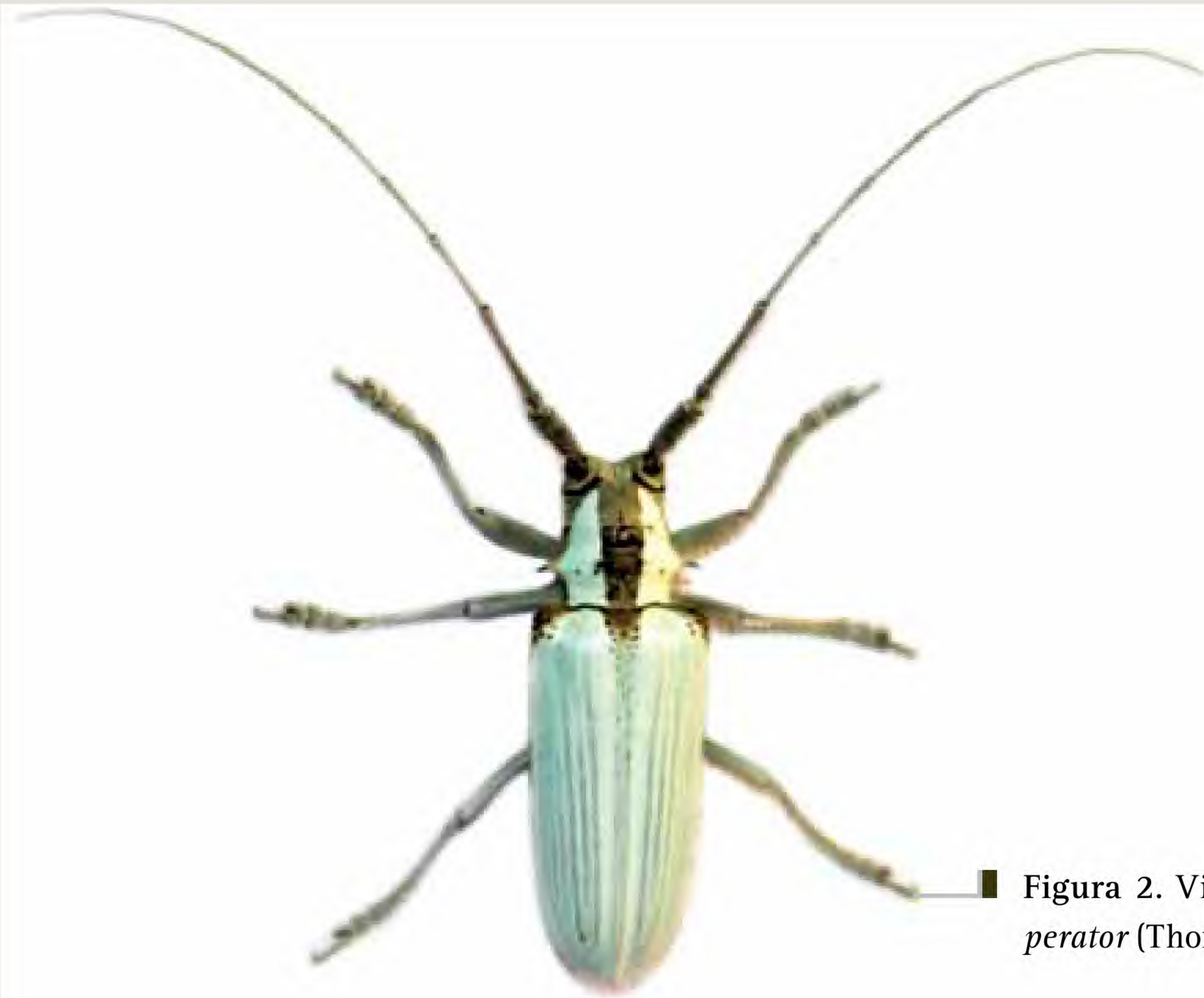


Figura 2. Vista dorsal de *Plagiohammus imperator* (Thomson) (fotografía de V.H. Toledo).

Cuadro 2. Lista de especies de la Familia Cerambycidae (Coleoptera) de Guanajuato.

Subfamilia	Tribu	Especie
Cerambycinae	Clytini	*Clytopsis dimidiaticornis*
		Ochraethes sommeri
		Placosternus erythropus
		Trichoxys vitticollis
		Tylcus hartwegii
	Eburiini	*Eburia (Eburia) patruelis*
	Elaphidiini	*Stenosphenus sobrius*
	Ibidionini	*Heterachthes viticulus*
		Neocompsa tenuissima
	Rhopalophorini	*Rhopalophora punctatipennis*
		Rhopalophora tenuis
	Trachyderini	*Deltaspis rubens*
		Elytroleptus luteus
		Elytroleptus pallidus
		Ischnocnemis luteicollis
		Ischnocnemis sexualis
		Megaderus bifasciatus
		Tragidion bicolor
		Tylosis jimenezii
		Tylosis suturalis
Lamiinae	Acanthocinini	*Dectes nigripilus*
		Nyssodrysina haldemani
	Acanthoderini	*Psapharochrus borrei*
	Hemilophini	*Alampyris fuliginea*
	Lamiini	*Chyptodes dejeani*
	Phytoeciini	*Mecas (Mecas) cirrosa*
		Mecas (Dylobolus) rotundicollis
	Tetraopini	*Phaea vitticollis*

Fuente: Noguera y Chemsak,1996; Toledo y Corona, 2006; Monné y Bezark, 2009.

Para la familia Cerambycidae (escarabajos barrenadores o toritos) (figura 2) se conocen aproximadamente 35 000 especies en todo el mundo (Minelli, 1993). Para México se tienen registradas ocho subfamilias, 72 tribus, 450 géneros y 1 605 especies (Toledo y Corona, 2006), esto representa 4.58% de la diversidad específica total mundial. Para la entidad, se tienen registradas dos subfamilias, 12 tribus, 23 géneros y 28 especies, esta diversidad específica representa 1.74% de la riqueza nacional (cuadro 2).

En realidad la riqueza registrada de estas dos familias de coleópteros para Guanajuato es un reflejo de lo que sucede en otros estados de la República Mexicana, en los cuales no se han realizado muestreos adecuados para representar la diversidad de grupos tan importantes como Buprestidae y Cerambycidae, ya que la mayoría de la información sobre las localidades donde se han registrado esas familias se reduce a los trabajos de Dugès (1878, 1891) y los incluidos en la *Biologia Centrali Americana*, siendo las localidades más reportadas: Barranca del Tigre, El Chico, León, Mineral de la Luz, Mineral de Valenciana, Moroleón, San Diego de la Unión, San Luis de la Paz, Santa Rosa, Sierra de Mazamitla, Silao, Tupátaro, Valle de Santiago y Yuriria.

Importancia ecológica y económica

Las especies de las familias de Buprestidae y Cerambycidae, desempeñan funciones ecológicas muy importantes en bosques y selvas, entre las que destacan la polinización y su participación en el proceso de degradación de la materia orgánica vegetal (troncos, ramas, etc.), asimismo, particularmente la familia Buprestidae tiene especies que son minadoras de hojas que, por lo general, los estados inmaduros viven y se alimentan dentro de las mismas, consumiendo el interior o mesófilo sin dañar la epidermis foliar, pero sí pueden reducir la capacidad fotosintética de las hojas, causar su caída prematura y permitir el ingreso de microorganismos dañinos para las plantas. Además, reducen el valor estético de las plantas ornamentales o de hojas comestibles y varios grupos son considerados plagas en diversas partes del mundo (Hespenheide, 1996). En general, las especies de ambas familias de escarabajos se consideran un componente funcionalmente importante en bosques y selvas, ya que participan de forma activa en la degradación de la madera muerta, lo cual es fundamental en el inicio del proceso de reciclaje de la madera (Dajoz, 1978; Linsley, 1961; Grove, 2002), permitiendo con sus excretas la fertilización del suelo (Tate *et al*., 1993; Laiho y Prescott, 1999; Bellamy, 2003*b*).

Las especies de Buprestidae y Cerambycidae en estado larval presentan una estrecha relación con sus plantas huéspedes, y el estudio de la dinámica poblacional de estos insectos podría reflejar el estado de conservación de ecosistemas completos. La estrecha relación que presentan las especies de ambas familias de coleópteros con sus plantas huéspedes hace evidente que la modificación de los ecosistemas, en los cuales haya pérdida de la cubierta vegetal, tenga una repercusión directa en la diversidad de éstos coleópteros, desapareciendo rápidamente los que tengan una asociación estricta con sus plantas huéspedes, alterando o destruyendo muchas interrelaciones y patrones tróficos (Hovore *et al*., 1987). Hasta ahora no se cuenta con información sobre acciones realizadas para su conservación, no obstante se puede considerar que la preservación de los bosques o selvas repercutirá de forma positiva en la biodiversidad de bupréstidos y cerambícidos.

Conclusiones

No obstante que los insectos son el grupo de organismos más diverso y que México es considerado como país megadiverso (Mittermeier, 1988; Mittermeier y Goettsch, 1992; Villaseñor, 2003), el conocimiento que se tiene sobre varios grupos de insectos es aún incipiente y pocos sitios cuentan con estudios faunísticos formales que proporcionen información sobre la diversidad que resguardan; en realidad, podemos considerar que gran parte del territorio nacional todavía está en fase de exploración (Cabrera-Rodríguez y Villaseñor, 1987; Sosa y Dávila, 1994; Villaseñor, 2004). Guanajuato no es la excepción y esto se puede corroborar por la ausencia de publicaciones de trabajos con muestreos sistemáticos con relación a la fauna de estos coleópteros, ya que la información presentada en este documento se basa en recolectas esporádicas.

Por lo anterior, y con la finalidad de complementar el inventario nacional sobre biodiversidad, es necesario continuar apoyando proyectos sobre estudios faunísticos que proporcionen la información necesaria para actualizar el inventario nacional sobre biodiversidad, el cual sirva de base para la toma de decisiones en lo que se refiere a conservación.

Literatura citada

Arnett, R.H. 1967. "Present and future systematics of the Coleoptera in North America", *Annals of the Entomological Society of America* **60**: 162-170.

———. 1985. *American Insects. A Handbook of the Insects of America North of México*. Nueva York, Van Nostrand Reinhold.

Bellamy, C.L. 2003*a*. "An illustrated summary of the higher classification of the superfamily Buprestoidea (Coleoptera)", *Folia Heyrovskiana* (Supl. 10): 1-197.

———. 2003*b*. "The stunning world of jewel beetles", *Wings, essays on invertebrate conservation* **26**: 13-17.

Brown, W.L. 1982. "Hymenoptera", en S.P. Parker (ed.). *Synopsis and classification of living organisms*. Nueva York, McCraw-Hill, pp. 652-680.

Cabrera-Rodríguez, L. y J.L. Villaseñor. 1987. "Revisión bibliográfica sobre el conocimiento de la familia Compositae en México", *Biotica* **12**: 131-147.

Corona, A.M. y V.H. Toledo. 2006. "Patrones de distribución de la Familia Buprestidae (Coleoptera)", en J.J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (eds.), *Componentes Bióticos Principales de la Entomofauna Mexicana*. México, Las Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), pp. 333-339.

y V.H. Toledo. 2007. "Acercamiento al conocimiento de Buprestidae en México (Insecta: Coleoptera)", en E.G. Estrada, A. Equihua, C. Luna *et al.* (eds.), *Entomología mexicana*, vol. 6, tomo 2. México, Sociedad Mexicana de Entomología, pp. 1267-1272.

Dajoz, R. 1978. "Los insectos xilófagos y su papel en la degradación de la madera muerta", en P. Pesson (ed.), *Ecología forestal*, Madrid, Mundi-Prensa, pp. 267-315.

Dugès, D.E. 1878. "Descripción de coleópteros indígenas (géneros y especies nuevas)", *La Naturaleza* **4**: 169-188.

———. 1891. "Descripción de coleópteros indígenas de la familia de los Bupréstidos", *La Naturaleza*, serie 2, **2**: 1-38.

Evenhuis, N.L. (ed.). 1989. *Catalog of the Diptera of the Australasian and Oceanian regions*. Bishop Museum Special Publication 86.

Gaston, J.K. 1991. "The Magnitude of Global Insect Species Richness", *Conservation Biology* **3**: 283-296.

Grove, S.J. 2002. "Saproxylic insect ecology and the sustainable management of forests", *Annual Review of Ecology and Systematics* **33**: 1-23.

Hammond, P.M. 1974. "Changes in the British Coleopterous fauna", en D.I. Hawksworth (ed.), *The changing flora and fauna of Britain*. Systematics Association Special, vol. 6, Londres, Academic Press, pp. 323-369.

Hespenheide, H.A. 1974. "An *Agrilus* a new to the United States (Coleoptera, Buprestidae)", *The Coleopterists Bulletin* **2**: 73-75.

———. 1996. "Buprestidae (Coleoptera)", en J. Llorente-Bousquets, A.N. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.), *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. México, Instituto de Biología, UNAM, pp. 411-421.

Hovore, F.T., R.L. Penrose y R.W. Neck. 1987. "The Cerambycidae, or longhorned beetles, of Southern Texas: a faunal survey (Coleoptera)", *Proceedings of the California Academy of Sciences* **13**: 283-334.

Laiho, R. y C.E. Prescott. 1999. "The contribution of coarse woody debris to carbon, nitrogen, and phosphorus cycles in three Rocky Mountain coniferous forests", *Canadian Journal of Forest Research* **29**: 1592-1603.

Laithwaite, E., A. Watson y P.E.S. Whalley. 1975. *The dictionary of butterflies and moths*. Londres, Michael Joseph.

Lawrence, J.F. 1982. "Coleoptera", en S. Parker (ed.), *Synopsis and classifications of living organisms*. Nueva York, McGraw-Hill, pp. 482-553.

Linsley, E.G. 1961. *The Cerambycidae of North America*, parte I. Introduction. University of California, *Publications in Entomology* **18**: 1-97.

Minelli, A. 1993. *Biological Systematics*. Londres, Chapman y Hall.

Mittermeier, R.A. 1988. "Primate diversity and the tropical forest: Case studies from Brazil and Madagascar and the importance of megadiveristy countries", en E.O. Wilson (ed.), *Biodiversity*. Washington, D.C. National Academy of Press, pp. 145-154.

——— y C. Goettsch Mittermeier. 1992. "La importancia de la diversidad biológica de México", en J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.), *México ante los retos de la biodiversidad*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), pp. 63-73.

Monné, M.A. y L.G. Bezark. 2009. Checklist of the Cerambycidae, or longhorned beetles (Coleoptera) of the Western Hemisphere, 2010 Version (updated through 31 december 2009), en *http://plant.cdfa.ca.gov/byciddb/documents.html*, última consulta agosto de 2009.

Morón, M.A. 1984. *Escarabajos 200 millones de años de evolución*. México, Instituto de Ecología, A.C.

Nelson, G.H. 1980. A review of the genus *Thrincopyge* LeConte (Coleoptera: Buprestidae), *Pan-Pacific Entomologist* **4**: 297-310.

——— y R.L. Westcott. 1976. "Notes on the Distribution, synonymy, and biology of Buprestidae (Coleoptera) of North America", *The Coleopterists Bulletin* **3**: 273-284.

Noguera, F.A. y J.A. Chemsak. 1996. "Cerambycidae", en J. Llorente, A. García-Aldrete y E. González (eds.), *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. México, UNAM, pp. 381-409.

Sosa, V. y P. Dávila. 1994. "Una evaluación del conocimiento florístico de México", *Ann. Missouri Bot. Gard.* **4**: 749-757.

Southwood, T.R.E. 1978. *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. Londres, Chapman and Hall.

Tate, K.R., D.J. Ross, B.J. O'Brien *et al.* 1993. "Carbon storage and turnover, and respiratory activity, in the litter and soil of an old-growth southern beech (Nothofagus) forest", *Soil Biology and Biochemistry* **25**: 1601-1612.

Toledo, V.H. y A.M. Corona. 2006. "Patrones de Distribución de la Familia Cerambycidae (Coleoptera)", en J.J. Morrone y J. Llorente Bousquets (eds.), *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana*. México, Las Prensas de Ciencias, UNAM, pp. 425-474.

Villaseñor, J.L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México, *Interciencia*, **28**: 160-167.

———. 2004. "Los géneros de plantas vasculares de la flora de México", *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **75**: 105-135.

Waterhouse, C.O. 1882. *Biologia Centrali Americana, Insecta, Coleoptera, Buprestidae*, vol. 3, part. 1, pp. 1-32, placas 1-2.

Westcott, R.L. 1983. Revision of the *aerea* group of *Chrysobothris* (Coleoptera: Buprestidae), *Systematic Entomology* **8**: 339-359.

———, T.H. Atkinson, H.A. Hespenheide *et al.* 1989. New country and state records, and other notes for Mexican Buprestidae (Coleoptera), *Insecta Mundi* **3**: 217-232.



ESCARABAJOS ACUÁTICOS

Roberto Arce-Pérez | Miguel Ángel Morón

Introducción

Los coleópteros forman el grupo más numeroso y diversificado de la Clase Insecta, se caracterizan por tener su primer par de alas muy endurecido, el cual forma el estuche protector para las alas membranosas y las partes blandas del dorso del abdomen, de donde deriva el nombre de *coleoptero*, que en griego significa "alas con estuche" (Morón, 1984). Los coleópteros han tenido gran éxito al colonizar casi todos los ambientes terrestres, y en el medio acuático representan uno de los más numerosos grupos de insectos dulceacuícolas. Entre los coleópteros con hábitos acuáticos y semiacuáticos destacan los "amantes del agua" o Hydrophilidae (figuras 1 y 2), familia integrada por especies con formas adultas de tamaño pequeño (1 mm) hasta relativamente grandes (45 mm), con un cuerpo de forma hidrodinámica, patas aplanadas con sedas para auxiliar durante la natación, aunque las formas adaptadas a vivir en zonas inundadas asociadas a la vegetación y sedimentos de la orilla de los cuerpos de agua presentan un cuerpo de forma robusta o gibosa, con patas cortas, robustas y con hileras de espinas; los colores predominantes son pardo-negruzco con iridiscencias metálicas, los hay manchados o bandeados en combinaciones de amarillo, verde, azul o cobrizo (Spangler, 1982). La gran mayoría de estas especies viven dentro o a la orilla de los cuerpos de agua dulce y limpia, sin embargo, algunas soportan ciertos niveles de contaminación, otros habitan manantiales, ambientes salinos y aun la zona intertidal marina de las playas rocosas; mientras que los adultos terrestres y semiacuáticos viven en sitios húmedos, como la orilla de los cuerpos de agua, algunos se encuentran en hongos en descomposición, algas, estiércol fresco, nidos de hormigas, bajo la corteza podrida de los troncos, en nidos y desechos de aves y mamíferos marinos, entre otros (Spangler, 1982; Van Tassell, 2000). El conocimiento existente de las especies de Hydrophilidae del estado es muy escaso ya que sólo se conocen las especies citadas en la magna obra *Biologia Centrali Americana* (Sharp, 1882, 1887), descripciones basadas en ejemplares de la colección Eugenio Dugés; además de algunos registros de especies en revisiones ac-





Figuras 1 y 2. Vista dorsal y ventral de *Tropisternus afinis*, mostrando la forma hidrodinámica del cuerpo y las patas como remos para la natación. Escala: 3 mm (fotografías procedentes de la galería de la Colección Nacional de Insectos, Instituto de Biología de la UNAM).

Arce-Pérez, R. y M. Á. Morón. 2012. "Escarabajos acuáticos" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 183-187.

tuales para Norteamérica y México (Gentili, 1986*a*; Gundersen, 1978; Miller, 1974; Smetana, 1974, 1978, 1980, 1985; Spangler, 1960; Van Tassell, 1966; Wooldridge, 1969).

Importancia

Los coleópteros hidrofílidos tienen importancia médica, económica y ecológica. Adultos y larvas de *Hydrophilus triangularis, Tropisternus lateralis* y *Berosus infuscatus* han sido referidos como depredadores de larvas de mosquitos transmisores de enfermedades para los humanos, como el dengue, la fiebre amarilla y la malaria (Leech y Chandler, 1956; Metcalf y Flint, 1981; Nelson, 1977). En otros casos algunas especies de *Dactylosternum* spp. han sido utilizadas para control del escarabajo barrenador de la caña de azúcar y otras más para el control del escarabajo barrenador del plátano; también, tanto larvas como adultos de *Helophorus* sp. han sido citadas como plagas en cultivos de nabo, repollo y otras crucíferas, además de trigo y pastos (Leech y Chandler, 1956). Además, tanto adultos como larvas son importantes porque intervienen en varios niveles de la red trófica, como desintegradores aceleran el flujo de energía en los ambientes acuáticos y semiacuáticos; también regulan poblaciones de invertebrados y formas juveniles de peces y anfibios, además de servir como alimento a peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos acuáticos y terrestres. Junto con otros grupos de insectos se utilizan como indicadores de la calidad del agua (Leech y Chandler, 1956; Martin y Uhler, 1939 citados en Usinger, 1956; Wilson, 1923, citado en Usinger, 1956; Campbell *et al.*, 2008; Ribera y Foster, 1993).

Diversidad

En México se han registrado 27 géneros y 129 especies de Hydrophilidae (Arce-Pérez, 1995). En el estado los inventarios sobre insectos acuáticos han sido muy escasos, por lo que sólo se conocen 10 géneros y 21 especies de hidrofílidos que representan 37% y 16%, respectivamente, del total nacional. Los géneros mejor representados para la entidad son *Berosus* y *Enochrus* con cinco especies, seguidos por los géneros *Helophorus, Laccobius* y *Tropisternus* con dos especies cada uno y los restantes con una sola especie (cuadro 1). Esta cifra no revela una diversidad baja en comparación con otros estados, realmente es evidente la falta de colectas y estudios faunísticos en todos los ambientes acuáticos característicos de la entidad. Es posible que cuando menos existan representantes de otras 25 especies que se han citado de Jalisco, San Luis Potosí y Michoacán, además de otras hasta ahora no descubiertas para el centro del país (Arce-Pérez y Morón, 2011). Poco se conoce sobre las características de los ambientes en donde se desarrollan y distribuyen estas especies, sin embargo, en el

Cuadro 1. Lista de especies de coleópteros Hydrophilidae del estado.

Nombre de la especie	Ambientes donde se distribuyen las especies de la familia Hydrophilidae
Helophorus linearis	Habita cuerpos de agua con corriente lenta, con vegetación o sin ella, en los márgenes de estanques de agua sucia de las carreteras, orillas fangosas de arroyos y pequeñas pozas donde se cultivan azucenas y nabos
Helophorus regularis	Ningún detalle es conocido sobre los requisitos del hábitat de esta especie
Berosus hoplites	En la orilla de ríos y arroyos poco profundos, con poca corriente, vegetación emergente y en estanques temporales
Berosus mexicanus	En la orilla de ríos y arroyos con poca corriente, vegetación emergente y en estanques temporales. Además en canales de chinampas

Cuadro 1. Continuación.

Nombre de la especie	Ambientes donde se distribuyen las especies de la familia Hydrophilidae
Berosus rubellus	En la orilla de ríos y arroyos con poca corriente, en estanques temporales poco profundos con vegetación emergente
Berosus salvini	En la orilla de ríos y arroyos con vegetación emergente y en estanques temporales
Berosus stylifer	Ningún detalle es conocido sobre los requisitos del hábitat de esta especie, pero se considera que puede ser similar al de las otras especies del género
Cymbiodyta fraterculus	Ningún detalle es conocido sobre los requisitos del hábitat de esta especie
Chaetarthria pallida	Ningún detalle es conocido sobre los requisitos del hábitat de esta especie
Paracymus subcupreus	En ambientes con poca corriente, poco profundos con vegetación emergente que se encuentran a la orilla de los ríos o arroyos y en estanques temporales
Laccobius ellipticus	Ningún detalle es conocido sobre los requisitos del hábitat de esta especie
Laccobius mexicanus	Ningún detalle es conocido sobre el hábitat de esta especie
Enochrus aequalis	En ambientes con poca corriente, poco profundos con vegetación emergente y algas
Enochrus carinatus fucatus	En ambientes con poca corriente, poco profundos con vegetación emergente y algas
Enochrus cristatus	En ambientes con poca corriente, poco profundos con vegetación emergente y algas
Enochrus ochraceus	En ambientes con poca corriente, poco profundos con vegetación emergente y algas
E. pygmaeus pectoralis	En ambientes con poca corriente, poco profundos con vegetación emergente y algas
Tropisternus affinis	A la orilla de los ríos y arroyos con vegetación emergente, en ambientes con poca corriente, poco profundos con vegetación emergente y en estanques temporales
Tropisternus lateralis nimbatus	A la orilla de los ríos y arroyos con vegetación emergente y en estanques temporales. Además de canales de chinampas
Dactylosternum dispar	Ningún detalle es conocido sobre los requisitos del hábitat de esta especie
Pelosoma prosternale	Ningún detalle es conocido sobre los requisitos del hábitat de esta especie

Fuente: Basada en los trabajos de: Gentili, 1986a; Gundersen, 1978; Miller, 1974; Sharp, 1882, 1887; Smetana, 1974, 1978, 1980, 1985; Spangler, 1960; Van Tassell, 1966 y Wooldridge, 1969. Se muestra también los ambientes donde se distribuyen las especies.

cuadro 1 se comentan brevemente algunas de ellas según Gundersen, 1978; Smetana, 1985; Van Tassell, 1966 y Wooldridge, 1969.

Amenazas para su conservación

Las principales amenazas para los coleópteros Hydrophilidae y los insectos acuáticos en general, son la destrucción progresiva de la vegetación que reduce la capacidad de captación y retención del agua en la superficie del suelo, la modificación y destrucción de los cuerpos de agua, el desvío de las corrientes de ríos y arroyos, el entubamiento y almacenaje artificial para uso agrícola, ganadero y humano, lo cual eventualmente puede ocasionar la desaparición de las especies que viven y se desarrollan en estos cuerpos de agua. En la actualidad no se puede precisar qué áreas necesitan ser atendidas con prontitud, ya que se carece de un inventario completo de los coleópteros hidrofílidos de la entidad, por lo que se sugiere conservar representantes de todos los tipos de vegetación en las áreas naturales protegidas (ANP) del estado y con esto la permanencia de los diferentes cuerpos de agua, así como también aplicar los reglamentos necesarios para disminuir o evitar la contaminación y eutroficación de los mismos.

Estado de conservación

Debido a que en el estado no se cuenta con estudios que avalen el estado previo de la fauna de estos coleópteros acuáticos, es imposible determinar su deterioro actual. Pero al menos puede mencionarse que ninguna de las especies que se enlistan en el cuadro 1 están en la NOM-059-SEMARNAT-2001, lo cuál no significa que no existan especies o poblaciones en riesgo ya que los ambientes en que se desarrollan están en constante peligro de alteración o desaparición.

Acciones de conservación

Como en el caso de otro tipo de fauna, para conservar las comunidades de coleópteros acuáticos, además de proteger áreas naturales es necesario pensar en diseñar corredores que permitan la conservación o establecimiento de cuerpos de agua para la comunicación entre las poblaciones de las reservas o parques naturales. Entre otras medidas sencillas que pueden ayudar a conservar a estos coleópteros y otros insectos acuáticos son: *a)* no alterar o modificar los diferentes cuerpos de agua; *b)* no aplicar insecticidas cerca de los cuerpos de agua que puedan contaminar y matar a la fauna que ahí se desarrolla; *c)* no extraer grandes cantidades de agua que tenga como consecuencia la muerte de la fauna; *d)* evitar la destrucción progresiva de la vegetación que ayuda a la captación y retención del agua en la superficie del suelo; *e)* evitar el desvío de las corrientes de ríos y arroyos; *f)* fomentar los esfuerzos para estudiar esta y otras familias de insectos acuáticos y elaborar listados con representación taxonómica y geográfica, destacando la presencia de especies endémicas y proponer otras medidas para su protección.

Literatura citada

Arce-Pérez, R. 1995. "Lista preliminar de coleópteros acuáticos del estado de Morelos, México", *Acta Zoológica Mexicana* **65**: 43-53.

——— y M.A Morón. 2011. "Sinopsis de los Hydrophiloidea de México (Coleoptera: Polyphaga. Hydrophilidae, Helophoridae, Epimetopidae, Georissidae, Hydrochidae)", *Revista Mexicana de Biodiversidad* **82**: 491-514.

Campbell, W.B., R. Arce-Pérez y J.A. Gómez-Anaya. 2008. "Taxonomic distinctness and aquatic Coleoptera: comparing a perennial and intermittent stream with differing geomorphologies in Hidalgo, Mexico", *Aquatic Ecology* **42**: 103-113.

Gentili, E. 1986*a*. "I *Laccobius* americani-II. IL genere *Laccobius* a sud del Canada (Coleoptera, Hydrophilidae)", *Annuario Osservatorio di Fisica Terrestre e Museo Antonio Stoppani del Seminario Arcivescoville di Milano*, **1984**: 31-40.

———. 1986*b*. "I *Laccobius* americani-III. IL genere *Laccobius* a sud del Canada (Coleoptera, Hydrophilidae)", *Annuario Osservatorio di Fisica Terrestre e Museo Antonio Stoppani del Seminario Arcivescoville di Milano*, **1985**: 31-52.

Gundersen, R.W. 1978. *Neartic Enochrus biology, key, descriptions and distribution (Coleoptera: Hydrophilidae)*. Departament of Biology Sciences, University Minnesota (publicación privada).

Leech, H.B. y H.P. Chandler. 1956. "Aquatic Coleoptera", en R.L. Usinger (ed.), *Aquatic Insects of California*. Berkeley, University of California Press, pp. 293-371.

Metcalf, L.C. y W.P. Flint. 1981. *Insectos destructivos e insectos útiles*. Sus costumbres y su control. México, CECSA.

Miller, C.D. 1974. "Revision of the new world *Chaetarthria* (Coleoptera: Hydrophilidae)", *Entomological Americana* **1**: 1-120.

Morón, M.A. 1984. *Escarabajos 200 Millones de Años de Evolución*. México, Instituto de Ecología, publicación 14.

Nelson, F.R.S. 1977. "Predation on mosquito larvae by beetles larvae, *Hydrophilus triangularis* and *Dytiscus marginalis*", *Mosquito News* **4**: 628-630.

Rivera, I. y G.N. Foster. 1993. "Uso de coleópteros acuáticos como indicadores biológicos (Coleptera)", *Elytron* VI **1992**: 61-75.

Sharp, D. 1882. "Insecta Coleoptera" en F.D. Godman y O. Salvin (eds.), *Biologia Centrali-Americana*", vol. 1, part 2 (16): 1-144.

——— . 1887. "Insecta Coleoptera",en F.D. Godman y O. Salvin (eds.), Biologia *Centrali-Americana*, vol. 1, part 2 (16): 673-824.

Smetana, A. 1974. "Revision of the genus *Cymbiodyta* Bedel (Coleoptera: Hydrophilidae)", *Memoirs of the Entomological Society of Canada* **93**: 1-113.

——— . 1978. "Revision of the subfamily Sphaeridiinae of America north of Mexico (Coleoptera: Hydrophilidae)", *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 105: 1-290.

——— . 1980. "Revision of the genus *Hydrochara Berthold* (Coleoptrera: Hydrophilidae)", *Memoirs of the Entomological Society of Canada* **111**: 1-100.

——— . 1985. "Revision of the subfamily Helophorinae of the Neartic region (Coleoptera: Hydrophilidae)", *Memoirs of the Entomological Society of Canada* **131**: 1-154.

Spangler, P.J. 1960. *A revision of the genus Tropisternus* (Coleoptera: Hydrophilidae). The University of Missouri. Unpublished Ph. D. thesis.

——— . 1982. "Coleoptera", en S.H. Hurlbert y A. Villalobos-Figueroa (eds.), *Aquatic Biota of Mexico, Central America and West Indies*. San Diego, University of San Diego, California, pp. 323-395.

Usinger, R.L. (ed.). 1956. *Aquatic insects of California*. Berkeley, University of California Press.

Van Tassell, R.E. 1966. *Taxonomy and biology of the subfamily Berosinae of North and Central America and the west Indies* (Coleoptera: Hydrophilidae). The Catholic University of America, Unpublished Ph. D. thesis.

——— . 2000. Family Hydrophilidae, en R.A. Arnett, y M.C. Thomas (eds.), *American Beetles*, vol. 1 (*Archostemata, Myxophaga, Adephaga, Polyphaga*: *Staphyliniformia*). Boca Raton, Florida, CRC Press, pp. 187-208.

Wooldridge D.P. 1969. "New species of *Paracymus* from Mexico and Central America", *Journal of Kansas Entomological Society* **4**: 413-421.

CATARINITAS (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)



MANUEL DARÍO SALAS-ARAIZA | SANDRA FLORES MEJÍA | PATRICIA ALATORRE GARCÍA

Los coccinélidos, conocidos comunmente como catarinitas, son coleópteros de gran importancia para los agroecosistemas ya que ayudan de manera eficiente al control de plagas (Morón y Terrón, 1988). Tienen tamaño pequeño, aparato bucal mandibulado, alas anteriores duras que forman un estuche para proteger las posteriores, que son membranosas y presentan una gran variedad de colores. La catarinita roja *Hippodamia convergens* es la especie más conocida (Salas-Araiza y Salazar-Solís, 2008) (figura 1), hiberna en las sierras del estado por arriba de los 2 200 msnm (Salazar-Solís Salas-Araiza, 1994). Hay otras especies que se encuentran de manera abundante en los cultivos de fresa y se alimentan de la araña roja, tales como *Scymnus* spp. y *Stethorus* spp., pero no son tan evidentes debido a lo diminuto de su tamaño (Salas-Araiza Salazar-Solís, 2003). Asimismo, en el agave tequilero se encuentra *Chilocorus cacti*, que se alimenta de la escama *Acutaspis agavis* evitando que prolifere esta plaga (Salas-Araiza *et al.*, 2008).

Flores-Mejía y Salas-Araiza (2004) señalan 19 géneros y 38 especies de coccinélidos en el estado (cuadro 1). El género con más especies es *Hyperaspis* con seis y, con menor número, *Adalia, Anatis, Azya, Harmonia, Olla, Paranaemia, Hyperaspidius, Nephaspis, Stethorus, Neoharmonia* y *Mulsantina*. En el apéndice 1 se presentan las especies de catarinitas de la colección entomológica "Leopoldo Tinoco Corona", del Departamento de Agronomía de la Universidad de Guanajuato, agrupadas por subfamilias. La especie con el mayor número de ejemplares recolectados en el estudio mencionado fue *Hippodamia convergens* con 239 ejemplares. De los 19 géneros, 18 son considerados benéficos, pues tanto adultos como larvas se alimentan de áfidos, escamas, piojos harinosos, trips, huevos y larvas pequeñas de palomillas (Gordon, 1985). El género *Epilachna* es el único que se alimenta de vegetales como el frijol y la calabacita. En el estado de Guanajuato fueron determinadas tres especies de este género: *E. mexicana*, *E. tredecimnotata* y *E. varivestis.*

A nivel mundial se han descrito 4 500 especies de catarinitas, 400 en Norteamérica y 200 especies se reportan para México (Gordon, 1985). En Guanajuato se reportan 38 especies, las que contribuyen con 19% de las especies reportadas para el país.

El 57.8% de los géneros de catarinitas del estado son de afinidad Neartica y se encuentran distribuidos desde Canadá a lo largo de Estados Unidos por la vertiente del Pacífico y Atlántico a través de las cordilleras de los Apalaches y Rocallosas. Su distribución en nuestro país se ve favorecida por la Sierra Madre Oriental y Occidental, que son continuación de dichas cadenas montañosas, así como por el Eje Neovolcánico que cruza en la parte sur del estado de Guanajuato (Halffter, 1987). El 31.5% de los géneros son de afinidad Neotropical, los restantes son de distribución Cosmopolita como *Chilocorus* y *Harmonia*, este último fue introducido de Australia a Estados Unidos para el control del pulgón de los nogales y actualmente se ha distribuido hasta México. El reporte de este género en Guanajuato es el primer registro para el estado.

La distibución de dos de las especies mencionadas anteriormente está restringida a México: *Chilocorus cacti* y *Epilachna mexicana*. Varios géneros, tales como: *Hippodamia, Brachiacantha, Epilachna* y *Cycloneda* hibernan en las zonas altas de las sierras que rodean al Bajío guanajuatense, donde permanecen durante la temporada de invierno formando grandes agregados en la hojarasca de los encinos y pastizales, posteriormente emigran hacia el valle para alimentarse. Muchas de estas especies de coccinélidos son susceptibles de reproducirse masivamente para su utilización en control biológico de plagas en los cultivos.

Salas-Araiza, M. D., S. Flores-Mejía y P. Alatorre-García. 2012. "Catarinitas (Coleoptera: Coccinellidae)" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 188-190.

Cuadro 1. Listado de las especies de catarinitas reportadas para el estado de Guanajuato y las localidades de recolecta en el estudio de Flores-Mejía y Salas-Araiza. (2004).

Municipio	Especies
Abasolo	*Hippodamia convergens, Paranaemia vittigera, Stethorus punctum, Scymnus* spp.
Atarjea	*Brachiacantha* spp., *Cyclonela sanguinea sanguinea, Chilocorus stigma, Epilachna mexicana*
Comonfort	*Brachiacantha* spp., *Hippodamia convergens*
Cuerámaro	*Brachiancantha decora, Brachiacantha dentipes, Hippodamia convergens, Paranaemia vittigera*
Guanajuato	*Brachiacantha* spp., *Brachiancantha decora, Brachiancantha indubitabilis, Cycloneda* spp., *Cycloneda sanguinea lifimber, Cyclonela sanguinea sanguinea, Epilachna varivestis, Epilachna mexicana, Harmonia* spp., *Hyperaspis conspirans, Hyperaspis imitador, Hyperaspis trifurcada, Mulsantina* spp., *Olla v-nigrum*
Huanímaro	*Brachiacantha* spp., *Hippodamia convergens, Hyperaspis* spp., *Olla v-nigrum, Scymnus loewi*
Irapuato	*Adalia bipunctata, Anatis* spp., *Azya orbiger, Brachiacantha* spp, *Cycloneda sanguinea lifimber, Cyclonela sanguinea sanguinea, Cycloneda* sp., *Chilocorus* spp., *Chilocorus cacti, Chilocorus stigma, Epilachna varivestis, Epilachna mexicana, Epilachna tredecimnotata, Harmonia* spp., *Hippodamia convergens, Hippodamia koebelei, Hippodamia parentesis, Hyperaspidius* sp., *Hyperaspis conspirans, Hyperaspis medialis, Neoharmonia venusta ampla, Nephaspis* sp., *Olla v-nigrum, Paranaemia rittigera, Psyllobora* spp., *Psyllobora virginata maculata, Scymnus loewii, Scymnus tenebrosus, Scymnus* sp., *Stethorus punctum*
Manuel Doblado	*Hippodamia convergens*
León	*Cycloneda* sp., *Cycloneda sanguinea lifimber, Cyclonela sanguinea sanguinea, Chilocorus cacti, Chilocorus stigma, Hippodamia convergens*
Ocampo	*Hippodamia convergens, Olla v-nigrum*
Pénjamo	*Olla v-nigrum, Scymnus* spp.
Pueblo Nuevo	*Brachiacantha* spp., *Cycloneda sanguinea lifimber, Cyclonela sanguinea sanguinea, Chilocorus stigma, Hippodamia convergens, Paranaemia vittigera*
Salamanca	*Cycloneda sanguinea lifimber, Cyclonela sanguinea sanguinea, Chilocorus* spp., *Chilocorus stigma, Hippodamia koebelei, Hippodamia convergens, Olla v-nigrum*
San Felipe	*Adalia bipunctata*
San Luis de la Paz	*Hippodamia parentesis*
Santa Cruz de Juventino Rosas	*Brachiancantha decora, Hippodamia convergens, Hyperaspis undulada, Epilachna varivestis*
Santiago Maravatío	*Chilocorus stigma, Neoharmonia venusta ampla, Stethorus punctum*
Silao	*Brachiacantha* spp., *Cycloneda sanguinea lifimber, Hippodamia convergens, Olla v-nigrum, Hippodamia koebelei, Paranaemia vittigera, Psyllobora virginata maculata*
Tarandacuao	*Hippodamia convergens*
Tarimoro	*Brachiacantha* spp., *Hippodamia convergens*
Villagrán	*Hippodamia convergens, Hippodamia koebelei*



Figura 1. Adulto de la catarinita roja *Hippodamia convergens* (fotografía de Manuel Darío Salas-Araiza).

Literatura citada

Flores-Mejía, S. y M.D. Salas-Araiza. 2004. "Coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) del estado de Guanajuato en la colección Leopoldo Tinoco Corona de la Universidad de Guanajuato", *Acta Universitaria* **2**: 8-16.

Gordon, R.D. 1985. "The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico", *Journal of the New York Entomol.* Soc. **93**: 1-912.

Halffter, G. 1987. "Biogeography of the montane entomofauna of Mexico and Central America", *Ann. Rev. Entomol.* **35**: 95-114.

Morón, M.A. y R.A. Terrón. 1988. *Entomología Práctica*, México, Instituto de Ecología, A.C.

Salas-Araiza, M.D. y Salazar-Solís E. 2003. *Permanencia de adultos de Chrysoperla carnea Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) liberados en campos de fresa.* Memorias del XXVI Congreso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, Guadalajara, Jalisco.

——— y Salazar-Solís E. 2008. *Entomófagos en el control de plagas agrícolas en México*, Universidad de Guanajuato.

——— , R.W. Jones, G. Montesinos-Silva *et al.* 2008. "Population dynamics of the agave scale *Acutaspis agavis* (Townsend & Cockerell) (Heteroptera: Diaspididae) on *Agave tequilana* (Agavaceae) in central Mexico", *Southwestern Entomologist* **4**: 289-298.

Salazar-Solís, E. y M.D. Salas-Araiza. 1994. Análisis preliminar de la entomofauna en las sierras aledaña al Bajío guanajuatense, *Acta Universitaria* **2**: 18-24.

PICUDOS (COLEOPTERA: CURCULIONOIDEA)



Manuel Darío Salas-Araiza | Eduardo Salazar-Solís | Patricia Alatorre-García

Los picudos o curculiónidos pertenecen a la superfamilia de organismos vivos con el mayor número de especies sobre la tierra (Zimmerman, 1994). Los picudos son coleópteros con la cabeza alargada, antenas acodadas, aparato bucal mandibulado, tamaño entre 0.5 a 3 cm., colores negros, grises, algunos rojos o blancos; las larvas se alimentan de raíces, tallos, flores, hojas, frutos y semillas de pastos.

O'Brien y Wibmer (1978) indican que a nivel mundial existen 4 237 géneros y 44 883 especies de picudos; la región Neotropical contiene el mayor número de especies descritas, con un total de 12 962. Luna (1983) menciona que para México se han registrado 36 de las 52 subfamilias neotropicales. En México se han registrado 449 géneros y 2 344 especies (Anderson y O'Brien, 1996).

En el trabajo realizado por Salas-Araiza *et al.* (2001) se reportaron 1 787 individuos recolectados en diferentes municipios del estado, agrupados en cinco familias, 17 subfamilias, 42 tribus, 73 géneros y 125 especies; la subfamilia mejor representada es Baridinae (15 géneros y 24 especies) seguida de Curculionidae (10 géneros y 24 especies) y Entiminae (16 géneros y 23 especies) (cuadro 1). Los géneros con mayor número de especies son *Geraeus* y *Anthonomus* con siete cada una y *Conotrachelus*, con seis (figura 1); se reportaron 18 nuevos registros de especies de estos géneros para la entidad de Guanajuato. De especial significado son *Sitona hispidulos* (Entiminae) e *Hypera postica* (Hyperinae), las cuales fueron recolectadas en gran número en un cultivo de alfalfa. Ambas son plagas importantes en este cultivo en Estados Unidos y Europa.

En el estado están registrados 2.6% de los géneros y 0.68% de las especies señaladas para el continente americano, así como 15.8% de los géneros y 5.2% de las especies determinadas para México. La localización geográfica de Centroamérica, que incluye a México, permite un intercambio faunístico amplio, lo cual se evidencia por el bajo endemismo a nivel genérico, ya que sólo 29 géneros de Curculionoidea son endémicos para México y 57 para Centroamérica; además, muchos géneros endémicos son monotípicos (25 de los 29 géneros presentes en México y 49 de los 57 géneros presentes en Centroamérica), lo que sugiere que son especies que han evolucionado de otros taxones (Anderson y O'Brien, 1996).

Cuadro 1. Listado de las especies de picudos (Coleoptera: Curculionoidea) reportados para el estado de Guanajuato y los municipios de recolecta (Salas-Araiza *et al.*, 2001).

Municipio	Especies
Abasolo	*Auleutes asper, Phyllotrox suturalis, Metamasius spinolae, Scyphophorus acupunctatus*
Acámbaro	*Geraeus tonsus*
Apaseo el Grande	*Smicronyx corniculatus, Sitona hispidulus*
Atarjea	*Myrmex* spp., *Pantomorus albosignatus*
Celaya	*Chaetopantus* sp., *Pantomorus albosignatus*
Comonfort	*Stictobaris ornatella, Pantomorus albosignatus*
Dolores Hidalgo	*Geraeus tonsus, Smicronyx albonotatus, Sibinia setosa, Pantomorus albosignatus, Isodacrys geminatum, Pandeleteinus subcancer*

Salas-Araiza, M. D., E. Salazar-Solís y P. Alatorre-García. 2012*a*. "Picudos (Coleoptera: curculionoidea" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 191-194.

Cuadro 1. Continuación.

Municipio	Especies
Guanajuato	*Apion nr. tenuirostrum, Apion nr. varicorne, Eugnamptus* spp., *Involvulus mollis, Pseudobaris apicalis, Trichobaris championi, Trichobaris major, Limnobaris discreta, Anthonomus texanus, Curculio ortegai, Phyllotrox suturalis, Sibinia aulacis, Sibinia inermis, Mitostylus setosus, Naupactopsis delumbis, Isodrussus debilis, Pandeleteius ciliatipennis, Pandeleteius tibialis, Pandeleteius viridiventris, Pandeleteius vitticollis, Tanymecus confusus, Rhyssomatus nigerrimus, Metamasius spinolae, Scyphophorus acupunctatus*
Huanimaro	*Conotrachelus dimidiatus*
Irapuato	*Chrysapion auctum, Haplorhynchites mexicanus, Haplorhynchites quadripennis, Baris corrusca, Baris strenua, Pseudobaris apicalis, Trepobaris perlonga, Trichobaris championi, Stictobaris ornatella, Barilepton quadricolle, Barinus* spp., *Centrinopus mistus, Geraeus candidus, Geraeus hospes, Geraeus perscitus, Geraeus senilis, Geraeus tonsus, Nicentrus femoralis, Pseudocentrinus ochraceus, Auleutes asper, Rhinoncus pyrrhopus, Lecriops auritus, Cratosomus punctulatus, Cylindrocopturus biradiatus, Cylindrocopturus ganglbaueri Cossonus convexirostris, Caulophilus oryzae, Maemactes punctatus, Pseudomopsis similes, Anthonomus deliqulus, Anthonomus eugenii, Anthonomus mexicanus, Anthonomus squamans, Anthonomus texanus, Anthonomus thyasocnemoides, Pseudanthonomus gluon, Smicraulax tuberculatus, Phyllotrox suturalis, Prionobrachium schoenherri, Smicronyx corniculatus, Smicronyx quadrifer, Smicronyx tenuirostris, Sibinia candidate, Sibinia inermis, Sibinia setosa, Sibinia suturalis, Macrorhoptus sphaeralciae, Listronotus punctiger, Ameladus inornatus, Mitostylus setosus, Bradyrhynchoides rugicollis, Pantomorus albosignatus, Pantomorus cervinus, Pantomorus uniformis, Ophryastes cinereus, Ophryastes sordidus, Pythis amplicollis, Sitona hispidulus, Tanysphyrus lemnae, Hypera postica, Lixus merula, Microlarinus lyperiformis, Rhyssomatus nigerrimus, Rhyssomatus sculpturatus, Conotrachelus aguacatae, Conotrachelus cinerascens, Conotrachelus dimidiatus, Conotrachelus flavangulus, Conotrachelus leucophaeatus, Conotrachelus lobatus, Pheloconus rubicundulus, Sitophilus granaries, Sitophilus oryzae, Sitophilus zeamais, Metamasius spinolae, Rhodobaenus auctus, Scyphophorus phoeniciensis, Sphenophorus venatus*
León	*Apion* spp., *Cratosomus punctulatus, Cossonus convexirostris, Smicronyx albonotatus, Smicronyx spretus, Mitostylus setosus, Pantomorus uniformis, Laemosaccus ruficornis, Sitophilus linearis, Metamasius spinolae*
Manuel Doblado	*Baris strenua, Trepobaris perlonga, Trichobaris championi, Geraeus dugesi, Metamasius spinolae*
Moroleón	*Baris strenua, Sitophilus granarius*
Ocampo	*Trichobaris pellicea, Smicronyx spretus, Smicronyx albonotatus, Mitostylus setosus, Metamasius spinolae*
Pénjamo	*Optatus palmaris, Sitophilus oryzae, Metamasius spinolae, Scyphophorus acupunctatus*
Purísima del Rincón	*Rhyssomatus nigerrimus, Sitophilus granarius.*
Romita	*Haplorhynchites subauratus, Sitophilus granaries, Scyphophorus acupunctatus*
Salamanca	*Baris strenua, Stictobaris ornatella, Optatus palmaris, Auleutes asper, Anthonomus eugenii*
Salvatierra	*Trepobaris perlonga, Anthonomus eugenii, Anthonomus mexicanus, Prionobrachium schoenherri, Lixus inermes, Rhodobaenus mundus*
San Diego de la Unión	*Pantomorus albosignatus*
San Felipe	*Eugnamptus* spp., *Involvulus mollis, Anthonomus texanus, Sibinia inermis, Listronotus grypidioides, Laemosaccus exsculptus*
San Francisco del Rincón	*Megalostylus albicans, Rhyssomatus nigerrimus*
San Luis de la Paz	*Pilolabus klugii, Eugnamptus* spp., *Onychobaris ambigua Casey, Gerstaeckeria unicolor, Smicronyx corniculatus, Sibinia suturalis, Chaetopantus* sp., *Mitostylus setosus, Pantomorus albosignatus, Rhyssomatus nigerrimus, Metamasius spinolae*
San José Iturbide	*Geraeus varius, Gerstaeckeria unicolor, Sibinia inermis, Pantomorus albosignatus.*

Cuadro 1. Continuación.

Municipio	Especies
Santa Catarina	*Chaetopantus* sp., *Mitostylus setosus*, *Epicaerus squalidus*, *Pantomorus albosignatus*
Santa Cruz de Juventino Rosas	*Anthonomus deliqulus*, *Myrmex* spp., *Sibinia inermis Pandeleteius ciliatipennis*, *Pandeleteius tibialis*
Santiago Maravatío	*Cossonus convexirostris*, *Sitophilus oryzae*
Silao	*Apinocis angustus*, *Sibinia setosa*, *Epicaerus costatus*
Tarandacuao	*Geraeus dugesi*, *Sitophilus oryzae*
Valle de Santiago	*Rhyssomatus sculpturatus*
Victoria	*Gerstaeckeria mutillaria*, *Rhyssomatus nigerrimus*
Villagrán	*Scyphophorus cicatristriatus*
Xichú	*Himatolabus umbosis*, *Ceutorhynchus truquii*, *Conotrachelus dimidiatus*

Es probable que el número de especies determinado por Salas-Araiza *et al.* (2001) represente menos de la mitad de las especies presentes en el estado de Guanajuato, ya que lo irregular del terreno permite la formación de microhábitats que favorecen el aislamiento poblacional permitiendo la especiación.



Figura 1. Adulto de picudos de la guayaba *Conotrachelus* sp. (fotografía de Manuel Darío Salas-Araiza).

Las especies de picudos de Guanajuato determinadas por Salas-Araiza *et al.* (2001) se agrupan en 53.7% de afinidad Neotropical (por ejemplo, *Pandeleteius* y *Conotrachelus*), 26% (como *Smicronyx*) de la región Neártica, 18% (*Sitophilus*, por ejemplo) cosmopolita y, finalmente, 1.9% son reportados sólo para las Antillas.

La única referencia taxonómica para el estudio de los picudos mexicanos es la Biologia Centrali-Americana (Sharp, 1889-1911; Champion, 1902-1909), el resto de las publicaciones sólo son para ciertas áreas de México; el estudio de Salas-Araiza *et al.* es el único para el estado que ha contribuido al conocimiento de la distribución de picudos mexicanos.

Dada la amplitud del grupo es necesario profundizar más en él, sobre todo por su incidencia en cultivos como guayaba y cactáceas. En las colecciones entomológicas del estado aún quedan muchas especies sin identificar; se requiere además recolectar con más intensidad en diferentes zonas, como el noreste (municipios de Xichú y Atarjea).

Literatura citada

Anderson, R.S. y C.W. O'Brien. 1996. "Curculionidae (Coleoptera)", en B.J. Llorente, A. García y E. González (eds.), *Biodiversidad, taxonomía* y *biogeografía de artrópodos de México*. México, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Champion, G.C. 1902-1909. Insecta. Coleoptera. Rhynchophora. Curculionidae. Curculioninae, en *Biologia Centrali-Americana*, vol. 4, pp. I-VII, 1-750; part 5, pp. I-VIII, 1-513.

Luna, K. 1983. *Contribución al estudio de los Coleóptera, Curculionidae, Baridinae asociados a las Compositae de la Cañada de Otongo, Hidalgo*, tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.

Salas-Araiza, M.D., C.W. O'Brien y J. Romero-Nápoles. 2001. "Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) from the state of Guanajuato", *Insecta Mundi* 1: 45-57.

Sharp, D. 1889-1911. Insecta. Coleoptera. Rhynchophora. Curculionidae. Attelabinae, Pterocolinae, Allocoryninae, Apioninae, Thecesterminae, Otiorhynchinae (part "Apterae"), en *Biologia Centrali Americana*. vol. 4, part 3, pp. 1-178.

O'Brien, C.W. y G.J. Wibmer. 1978. "Numbers and species of Curculionidae (Coleoptera)", *Entomological News* **89**: 89-92.

Zimmerman, E. 1994. Australian Weevils, vol. 1. Australia, The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO).

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ESTACIONAL DE LEPIDÓPTEROS DIURNOS EN SALAMANCA



Jorge Adrián Berlín Diosdado | Luis Delgado Saldívar

Es increíble que a pesar de que México es uno de los países más ricos en mariposas también es uno de los menos conocidos en su diversidad de lepidópteros y su valor ecológico y económico (De la Maza, 1991).

Desde los primeros registros obtenidos de la fauna de mariposas mexicanas efectuados a finales del siglo XVIII hasta el inicio del siglo XXI, puede considerarse que no se ha extinguido ninguna especie de este taxón en México; sin embargo, lo que se ha observado con la información sobre la distribución geográfica de cada una de las especies y el reconocimiento de sus áreas originales es la extinción de poblaciones locales o regionales, producto de la disminución gradual y constante de sus hábitats por efecto del crecimiento de los asentamientos humanos y el cambio en el uso del suelo para ganadería y agricultura. Debido a este proceso, muchas de las áreas de distribución que se presentaban continuas se encuentran ahora divididas en islas artificiales, creadas por efecto del ser humano, y sólo algunas especies se han visto favorecidas por el incremento de la vegetación secundaria (Luis *et al.*, 2004).

La distribución de los lepidópteros está afectada por una serie de factores ecológicos complejos; la vegetación es uno de los más importantes, debido a que entre sus elementos florísticos se encuentran los recursos alimenticios de la fase larval y la adulta (Vargas *et al.*, 1999).

La presente contribución presenta los resultados de un estudio realizado para conocer la distribución estacional y geográfica de lepidópteros en el municipio de Salamanca.

Métodos

El área de estudio comprende al municipio de Salamanca, que cuenta con 774 km^2, lo que representa 2.5% de la superficie del estado. Presenta altitudes que van desde los 1 650 hasta los 1 950 msnm en las zonas más elevadas (Inegi, 2003). Los tipos de vegetación presentes en el municipio e incluidas en el área de estudio corresponden a matorral de encino, matorral subtropical, matorral espinoso y bosque de galería.

Se seleccionaron 29 sitios (cuadro 1) de recolecta en los que se realizaron cuatro muestreos, uno por cada estación, en los cuales se capturaron mariposas mediante dos técnicas en zonas que presentan vegetación natural: red entomológica y trampas Van Someren-Rydon, utilizando como atrayente fermento de cerveza con plátano y azúcar de caña. En zonas de cultivo sólo se empleó la red entomológica. Para la determinación taxonómica se preparó una muestra de los organismos recolectados, siguiendo las recomendaciones de Beutelspacher (1972). Los ejemplares recolectados se encuentran depositados en la colección zoológica de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, y sus réplicas en el museo Alfredo Dugès de la Universidad de Guanajuato.

Se estimó la representatividad del número de especies reconocidas en este trabajo mediante el análisis de los valores de la curva de acumulación de especies observadas y la aplicación del índice $Chao_2$, que requiere de los datos de presencia-ausencia de las especies en los distintos puntos de recolecta que comprende el área de estudio. El índice se describe a continuación:

$$Chao_2 = S_{obs} + (L^2/2M)$$

Donde: S_{obs} = Número de especies observadas.
L = Número de especies representadas en el intervalo de una localidad.
M = Número de especies representadas en el intervalo de dos localidades.

Resultados y discusión

De acuerdo a la determinación taxonómica de 1 824 ejemplares capturados se integró un listado

Berlín-Diosdado, J. A. y L. Delgado-Saldívar. 2012. "Distribución geográfica y estacional de lepidópteros diurnos en Salamanca" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 195-198.

Cuadro 1. Localización y vegetación de los puntos de recolecta de Mariposas de Salamanca, Gto.

Localidad	Clave	Utm zona 14		Altitud msnm	Vegetación
		X	Y		
El Divisador	DV	275259	2276515	1780	Cultivos
María Gómez	MG	282001	2290262	1880	Matorral subtropical
El Tajo	TA	264934	2276831	1710	Matorral espinoso
La Capilla	LC	260251	2275602	1700	Cultivos
Valtierrilla	VT	277876	2271036	1710	Bosque de Galería
Puerto Valle	PV	276449	2267799	1710	Cultivos
Cruces	CS	269990	2285333	1726	Cultivos
Las Conejas	CN	272613	2284406	1720	Cultivos
Los Organitos	OR	279958	2301854	1943	Matorral de encino
La Carbonera	CB	277429	2305641	2100	Matorral de encino
Potrerillos	PT	280030	2303300	2050	Matorral de encino
El Guangoche	GU	281196	2301747	1980	Matorral subtropical
Joya de Cortés	JC	281803	2302234	2020	Matorral subtropical
San Juan Temascatío	SJT	268594	2294162	1780	Matorral subtropical
Palo Blanco	PB	269902	2269427	1720	Matorral subtropical
Labor de Valtierra	LV	269876	2269134	1710	Cultivos
Zapote de Covarrubias	ZC	273034	2292841	1890	Matorral subtropical
Sauz de Purísima	SP	260350	2272317	1700	Bosque de Galería
Joyita de Villafaña	JV	277423	2300873	1990	Matorral subtropical
El Pitayo	PY	273578	2273462	1718	Matorral espinoso
Uruetaro	UR	272810	2265372	1710	Bosque de Galería
Cuatro de Altamira	4ª	272840	2265325	1730	Cultivos
Salitrera	SL	277625	2296390	1870	Matorral espinoso
Dos Ríos	DR	279219	2296710	1880	Matorral espinoso
La Campana	CP	277879	2295945	1850	Matorral subtropical
Cañada de Ortega	CO	273806	2296257	1850	Matorral subtropical
San José de La Montaña	SJM	285103	2279182	1730	Cultivos
Godoy	GD	281848	2275097	1720	Cultivos
Salamanca	SA	290756	2212730	1720	Cultivos

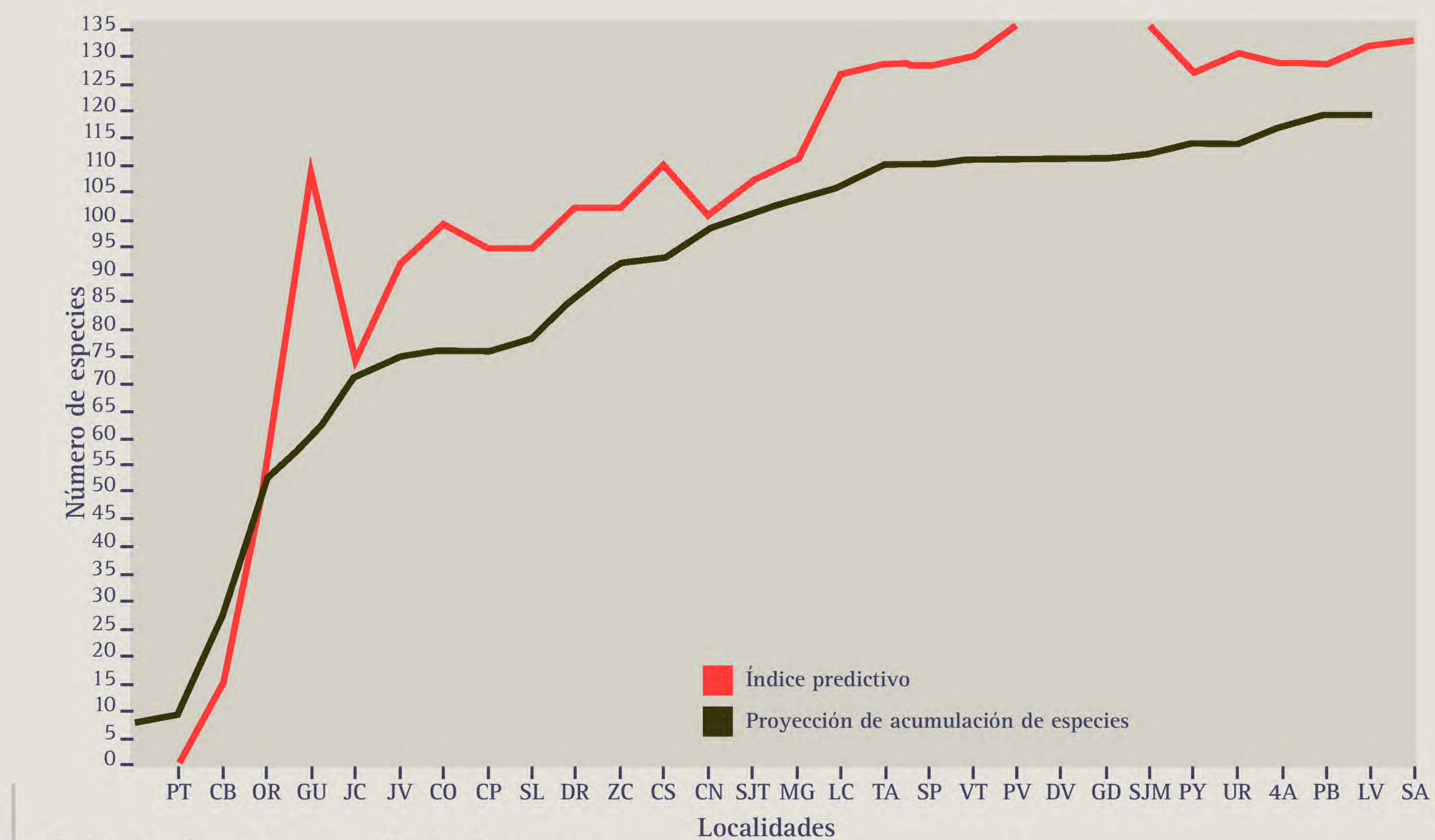


Figura 1. Curva de acumulación de especies.

de 119 especies de mariposas diurnas (apéndice 1). De estos registros, 69 son citados por primera vez para el estado y 104 registros son nuevos para el municipio. Al sumar los registros de Llorente *et al.* (1997 y 2003), Estudios y Proyectos Moro (1999) y Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (2005) se concluye que hay 135 especies en la entidad.

De las especies obtenidas en el municipio de Salamanca, en el área convergen cinco especies que son consideradas endémicas de México por Luis *et al.* (2000) y corresponden a tres papiliónidos: *Protographium epidaus fenoschionis, Mimoides thymbraeus aconophos* y *Pyrrhosticta garamas garamas*, y dos ninfálidos: *Chlosyne ehrenbergii* y *Ch. rosita*.

De acuerdo con el análisis de $CHAO_2$ (figura 1), el número esperado de especies para el municipio de Salamanca es de 135; logrando como resultado de este trabajo la obtención de 88% de las mariposas estimadas para el área.

Los tipos de vegetación incluidos en este trabajo presentaron diferentes valores de riqueza de especies: cultivos (82), bosque de galería (67), matorral de encino (27), matorral subtropical (101) y matorral espinoso (55), quedando como la vegetación más rica en mariposas el matorral subtropical seguido de los cultivos.

La abundancia de mariposas en la zona presenta dos picos máximos, uno correspondiente a julio y otro a octubre, meses en los que comienza la temporada de lluvias (figura 2) y la floración llega a su nivel más alto. Por el contrario, febrero presenta la menor riqueza de lepidópteros debido al clima imperante en estas fechas, cuando el desarrollo de funciones vitales para las mariposas, como el vuelo o la alimentación, se ven disminuidos por falta de plantas de alimentación, floración y agua en el caso de las mariposas que requieren de sales disueltas, así como el fotoperiodo que varía a lo largo del año y las temperaturas más bajas que se presentan en esta temporada.

El pico presente en el mes de septiembre puede estar explicado por el ciclo de vida de las mariposas, ya que en este mes se presenta el estadio previo a la formación del adulto, cuando se preparan para emerger con las condiciones más favorables de la floración anual.

Vargas y colaboradores (1999) mencionan que el cambio estacional en la riqueza de mariposas también parece estar en función de la capacidad de las especies para presentar una o varias generaciones al año y de cómo sincronizar éstas a las condiciones ambientales y nutricionales.

La lluvia es otro factor que señalan Vargas *et al.* (1999), ya que influye directamente sobre la



Figura 2. Distribución temporal de presencia de mariposas.

abundancia y riqueza de los insectos y puede afectar la reproducción, el desarrollo o la actividad de estos organismos, de la misma forma también puede afectar indirectamente en la disponibilidad y calidad del alimento.

Conclusiones

En el municipio de Salamanca están presentes 119 especies de mariposas (apéndice 2), de las cuales 69 son citadas en este trabajo por primera vez para el estado y 104 para el municipio.

De las especies reportadas para el municipio, cinco de ellas son consideradas endémicas de México y corresponden a tres papiliónidos: *Protographium epidaus fenoschionis*, *Mimoides thymbraeus aconophos* y *Pyrrhosticta garamas garamas*, y dos ninfálidos: *Chlosyne ehrenbergii* y *Ch. rosita*.

Para el estado, la lista es de 135 especies reconocidas hasta la fecha. La mayor riqueza específica se presenta en el matorral subtropical, y la menor en el matorral de encino, observando su valor más alto en los meses de julio y octubre, periodo que coincide con el inicio y fin de las lluvias, respectivamente, y las temperaturas más altas. La menor diversidad de especies se manifiesta en el periodo de enero a marzo, tiempo en que se observan las temperaturas más bajas, aunado a la biología de las plantas de alimentación de larvas y adultos.

Se deben continuar los estudios de este tipo para conocer la diversidad, distribución y comportamiento de las poblaciones con el objetivo de favorecer un mejor manejo en la conservación.

Literatura citada

Beutelspacher, C.R. 1972. "Cómo hacer una colección de mariposas". México, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), *Publicaciones de Divulgación* 1: 1-81.

De la Maza, R.R. 1991. *Mariposas mexicanas*, 2° ed. México, Fondo de Cultura Económica (FCE).

Estudios y Proyectos Moro, S.A. de C.V. 1999. *Diagnóstico Físico de la Cuenca Alta del Arroyo Temascatío en Salamanca*, Guanajuato. México, Comisión Estatal del Agua y Saneamiento de Guanajuato (CESAG).

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2003. *Salamanca, Cuaderno Estadístico Municipal.*

Llorente, B.J., O.L. Oñate, M.A. Luis *et al.* 1997. *Papilionidae y Pieridae de México: distribución geográfica e ilustración.* México, UNAM/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

———. 2003. *Nymphalidae de México 1 (Danainae, Apaturinae, Biblidinae y Heliconiinae): distribución geográfica e ilustración.* México, UNAM/Conabio.

Luis, M.A., B.J. Llorente, F.I. Vargas *et al.* 2000. "Síntesis preliminar del conocimiento de los Papilionoidea (Lepidoptera: Insecta de México)", en F. Martín-Piera, J.J. Morrone y A. Melic (eds.), *Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamerica: Pribes 2000.* España, pp. 275-285.

——— , B.J. Llorente, A.D. Warren *et al.* 2004. "Lepidópteros: Papilionoideos y Hesperioideos", en M. Briones-Salas, A. García-Mendoza y M.J. Ordoñez-Díaz, (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*, México, Instituto de Biología, UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wild Fundation (WWF), pp. 335-355.

UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2005. Base de Datos Mariposas del Museo de Zoología, Facultad de Ciencias.

Vargas, F.I., B.J. Llorente y A. Luis-Martínez. 1999. Distribución de los Papilionoidea (Lepidoptera: Rhopalocera) de la Sierra de Manantlán (250-1 650 m) en los estados de Jalisco y Colima. Facultad de Ciencias, UNAM, P*ublicaciones especiales del Museo de Zoología.* **11**: 1-156.

LA ENTOMOFAUNA EN LAS SIERRAS ALEDAÑAS AL BAJÍO GUANAJUATENSE



Eduardo Salazar Solís | Manuel Darío Salas Araiza

Introducción

El Bajío es una de las zonas agrícolas con mayor importancia en el país, por la variedad y volumen de las especies cultivadas que aporta a la nación (Inegi, 2007). En la periferia del Bajío guanajuatense existen sierras con altitudes de 2 200 a 2 700 msnm cubiertas por bosques de encinos, matorrales y pastizales, en las cuales invernan considerables poblaciones de insectos (Salazar, 1993).

Con la intención de conocer la entomofauna de las sierras aledañas al Bajío guanajuatense se realizaron muestreos de 1982 a 1986 en las sierras de Pénjamo, del Misterio del Chorro, de Barajas, así como en los cerros de Culiacán, Naranjillo, Huanímaro, Otates y Peralta. Estos sitios se ubican en los municipios de Pénjamo, Cuerámaro, Salamanca, Cortazar, Juventino Rosas, Huanímaro y Abasolo. Las especies colectadas están comprendidas en 55 géneros de los órdenes Hemiptera-Heteroptera, Coleoptera, Hemiptera-Homoptera, Hymenoptera, Diptera, Orthoptera y Dermaptera. Los hemípteros-heterópteros predominaron con 23 géneros, seguidos de los coleópteros con 18, de los ortópteros con seis, de los Hemiptera-Homoptera con cuatro, de los dípteros y dermápteros, ambos con un solo género. En el cuadro 1 se presentan los datos de captura de hemípteros.

Como puede observarse los hemípteros más abundantes pertenecen a las familias Pentatomidae y Alydidae; *Oebalus mexicana* constituye una de las plagas más importantes del sorgo; *Padaeus trivittatus* es una plaga de maíz y sorgo, mientras *Darmistus subvittatus* es una plaga de los pastos. La extensa superficie que se cultiva con estas gramíneas en la entidad permite el sustento de las abundantes poblaciones de estos insectos. En el cuadro 2, se presentan los datos de las capturas de coleópteros en los cinco sitios de invernación.

Entre los coleópteros más abundantes se encuentran los Coccinellidae; *Hippodamia convergens*, importante depredador de los pulgones de los cereales, y *Epilachna varivestis*, que es la principal plaga del frijol en la entidad. En el cuadro 3 se presentan los resultados de las capturas de insectos de los órdenes Homoptera, Hymenoptera, Diptera, Orthoptera y Dermaptera. De los insectos capturados de estos cinco ordenes, destaca por su número el género *Graphocephala* sp. de la familia Cicadellidae, que se alimenta de zacates y sorgo.

Salazar-Solís, E. y M. D. Salas-Araiza. 2012. "La entomofauna en las sierras aledañas al Bajío guanajuatense" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 199-202.

Cuadro 1. Número medio de hemípteros heterópteros capturados mensualmente, por jaula de 1 m^2, en cinco cerros del estado de Guanajuato, 1985-1986.

Familia y especie	Localidad				
	Cerro Culiacán	Barajas	Naranjillo	Fuerte	Huanímaro
Alydidae					
Darmistus subvittatus stal.*	481	12	0	0	0
Coreidae					
Anasa maculipes stal.	5	2	3	3	2
Catorintha sp.	0	0	0	1	0
Chariesterus albiventris burm.*	3	0	0	0	0
Hypselonotus lineatus stal.*	2	1	2	3	1
Hypselonotus sp.	2	0	0	0	0
Leptoglossus sp.*	5	1	1	3	1
Lygaeidae					
Oncopeltus sp.*	2	1	1	3	1
Lygaeus reclivatus say	2	1	1	2	0
Miridae					
Lygus lineolaris palisot de beauvois	2	1	2	3	1
Pentatomidae					
Brochymena parva ruckes*	4	2	4	3	2
Cosmopepla decorata hahn*	0	1	1	0	1
Edessa sp.*	7	6	4	7	10
Euchistus sp.	2	0	1	1	0
Euthyrhynchus floridanus l.	2	3	0	2	0
Mormidea sp.*	1	0	0	1	0
Nezara viridula l.	4	3	6	5	4
Oebalus mexicana sailer	17	252	46	77	130
Padeaus trivittatus herrich & schaeffer	60	30	26	20	17
Largidae					
Araphe cincindeloides walker *	3	2	3	4	1
Largus succintus l.	4	2	3	3	0
Reduviidae					
Zelus sp.	5	0	0	0	0
Sinea sp.	3	2	2	4	1
Scutelleridae					
Chelysoma sp.	3	10	2	1	8

*Nuevo registro para el estado de Guanajuato. Comparando con las listas de la SARH (1977) y Domínguez y Carrillo (1976).

Cuadro 2. Número medio de coleópteros capturados mensualmente por jaula de 1 m^2, en cinco cerros del estado de Guanajuato, 1985-1986.

Familia y especie	Localidad				
	Cerro Culiacán	Barajas	Naranjillo	Fuerte	Huanímaro
Buprestidae					
Taphrocerus psilopteroides waterh*	1	0	0	1	0
Cantharidae					
Chauliognathus limbicollis lec	1	0	0	1	0
Carabidae					
Onypterigia thoreyi mannh*	0	0	0	1	0
Coccinelidae					
Epilachna varivestis muls.	28	6	8	10	4
Brachyacantha sp.*	5	1	2	14	0
Hippodamia convergens guérin-méneville	12	145	2	217	0
Coccinellina marginata muls.	7	10	0	6	0
Curculionidae					
Epicaeus sp.	2	3	1	2	0
Chrysomelidae					
Calligrapha sp.	4	1	1	2	1
Acalyma trivittata mann	4	0	0	0	0
Disonycha sp.	2	0	0	1	0
Altica sp.*	11	0	0	0	0
Chalepus bellulus chapuis*	7	2	0	3	0
Xenochalepus sp.*	2	1	0	3	0
Charidotella sp.*	2	0	0	1	0
Zygospilla signatipennis stal.*	2	0	0	1	0
Andrector atrofasciatus jac.*	1	0	0	1	0
Octotoma scabripennis guérin*	2	0	0	0	0

*Nuevo registro para el estado de Guanajuato. Comparando con las listas de la SARH (1977) y Domínguez y Carrillo (1976).

Cuadro 3. Número medio de insectos de cinco órdenes capturados mensualmente, por jaula de 1 m^2, en cinco cerros del estado de Guanajuato, 1985-1986.

Orden, familia y especie	Localidad				
	Cerro Culiacán	Barajas	Naranjillo	Fuerte	Huanímaro
Hemiptera-homoptera					
Cercopidae					
Philaenus sp.*	11	1	3	4	0
Membracidae					
Stictocephala sp.*	3	0	0	1	0
Cicadellidae					

Cuadro 3. Continuación.

Orden, familia y especie	Localidad				
	Cerro Culiacán	Barajas	Naranjillo	Fuerte	Huanímaro
Homalodisca insolita walker *	1	0	0	1	0
Graphocephala sp.*	4371	187	35	708	0
Hymenoptera					
Vespidae					
Polistes exclamans vier *	2	0	0	0	0
Polybia sp.*	3	0	0	1	0
Diptera					
Tabanidae					
Tabanus sp.	1	0	0	1	0
Orthoptera					
Acrididae					
Oedipodinum sp.*	2	0	0	1	0
*Phoetaliotes nebrascencis thomas**	3	0	0	2	0
Melanoplus sp.	4	0	0	1	0
Sphenarium sp.	2	0	0	1	0
*Rammatocerus viatorius saussure**	1	0	0	0	0
Phasmatidae					
Pseudosermyle sp.*	2	0	0	0	0
Dermaptera					
Forficulidae					
*Doru taeniatum dorhn**	4	0	0	3	0

*Nuevo registro para el estado de Guanajuato. Comparando con las listas de la SARH (1977) y Domínguez y Carrillo (1976).

Literatura citada

Domínguez, R.Y. y J.L. Carrillo. 1976. *Lista de Insectos en la Colección Entomológica del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)*. México, SAG.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2007. *Censo Agropecuario.* México.

Salazar, S.E. 1993. *Factores que participan en la ocurrencia de la chinche del sorgo, Oebalus mexicana (Hemiptera: Pentatomidae) en Guanajuato*, tesis de maestría. México, Colegio de Postgraduados.

SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). 1977. *Lista de insectos que afectan a los cultivos en la República Mexicana*. México, Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV).

LOS PECES DULCEACUÍCOLAS

Norman Mercado-Silva | Edmundo Díaz Pardo | Altagracia Gutiérrez Hernández | Ana Fabiola Guzmán

In memoriam de Óscar J. Polaco Ramos, profesor, científico y amigo.

Descripción del grupo

Los peces conforman el grupo de vertebrados más diverso a nivel mundial y han sido capaces de ocupar y explotar todos los ambientes disponibles en la hidrosfera. En su etapa adulta pueden ser tan pequeños como de 1 cm o llegar a medir hasta 12 m (Paxton y Eschmeyer, 2003). Aunque existen muchas excepciones, los peces presentan algunas características morfológicas que les diferencian de otros grupos de vertebrados. La presencia de aletas, escamas, branquias y la forma cilíndrica del cuerpo les distingue de otros grupos de vertebrados. Las aletas generalmente presentan un movimiento oscilatorio que les permite transportarse en el medio acuático, 800 veces más denso que el aire. La forma de su cuerpo es generalmente alargada y cilíndrica, su diámetro se reduce hacia la cabeza y la cola, lo que facilita su movimiento a través del agua. La mayor parte de los peces tienen escamas de diversas formas que protegen su piel, aunque están ausentes en algunos grupos. Las branquias son los órganos utilizados para la respiración en el agua. Entre 40 y 65% de la masa de un pez es tejido muscular (Paxton y Eschmeyer, 2003).

Los peces tienen mayor diversidad de estrategias de reproducción que cualquier otro grupo de organismos, y las numerosas especies que componen a este grupo tienen también muy distintos ciclos de vida. La mayor parte de ellos son ovíparos, pero existen algunos grupos de peces marinos y de agua dulce que son vivíparos. Algunas de las especies llevan a cabo cuidado parental, mientras que otras no ofrecen un cuidado a sus huevos o crías. Por lo común tienen un crecimiento indeterminado (crecen durante toda su vida), y algunos pueden alcanzar la madurez sexual al poco tiempo de haber superado su etapa larval.

Diversidad

Guanajuato es un estado con una relativamente baja riqueza de especies de peces dulceacuícolas. Dentro de sus límites administrativos se han identificado un total de 37 especies agrupadas en 10 familias (cuadro 1)[1]. La fauna de peces dulceacuícolas de la entidad se compone de 23 especies pertenecientes a familias primarias y 14 que pertenecen a familias secundarias. Las primarias son aquellas que tienen origen en las aguas dulces y no soportan aumentos significativos en la salinidad; mientras que las secundarias se han originado en ambientes dulceacuícolas, pero toleran incrementos en dicho factor. A manera de comparación, el número de especies de peces en el estado es menor que el número de especies encontradas en entidades estatales costeras, como Veracruz, o totalmente continentales, como Querétaro, donde se han reportado 144 y 47 especies, respectivamente, aunque la superficie de este último, colindante con Guanajuato, es 60% menor (Díaz-Pardo *et al*., 2009). Una potencial fuente de variación a los valores presentados puede ser la descripción de nuevas especies o la reagrupación taxonómica producto de estudios sistemáticos (p.ej., establecimiento de sinonimias

[1]Este listado ha sido integrado de acuerdo con las bases de datos del Sistema Nacional de Biodiversidad (SNIB-Conabio), de la Colección de Peces del Centro de México, de la Universidad Autónoma de Querétaro, de la Colección Nacional de Peces Dulceacuícolas del Instituto Politécnico Nacional, de las colecciones del Museo Zoológico de la Universidad de Michigan (Michigan, E.U.A.), Universidad de Tulane (Louisiana, E.U.A.), Museo Smithsonian (Washington, E.U.A.), Chicago Field Museum (Illinois, E.U.A.) y la colección ictiológica del Texan Natural History Collections de la Universidad de Texas. La información obtenida de todas ellas ha sido actualizada y modificada con base en nuestros datos de campo. La nomenclatura utilizada en la integración de este listado sigue a Miller *et al*. (2005), con excepción del grupo Chirostoma.

Mercado-Silva, N., E. Díaz-Pardo, A. Gutiérrez-Hernández, *et al*. 2012. “Los peces dulceacuícolas“ en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 203-213.

8 Capítulo

Cuadro 1. Los peces dulceacuícolas de Guanajuato.

Familia	Género	Especie	Nombre común	Nativa exótica	Presencia en la NOM-059-SEMARNAT-2001
Atherinopsidae	*Chirostoma*	*aculeatum*	Charal cuchillo	N	
	Chirostoma	*arge*	Charal del río Verde	N	
	Chirostoma	*bartoni*	Charal de La Caldera	N	P*
	Chirostoma	*jordani*	Charal	N	
	Chirostoma	*humboldtianum*	Charal de Xochimilco	N	
Catostomidae	*Scartomyzon*	*austrinus*	Chuime	N	
Characidae	*Astyanax*	*mexicanus*	Sardina mexicana	N	
Centrarchidae	*Lepomis*	*macrochirus*	Mojarra de agallas azules	E	
	Micropterus	*salmoides*	Lobina negra	E	
Cichlidae	*Cichlasoma*	*labridens*	Mojarra huasteca	N	A
	Cichlasoma	*steindachneri*	Mojarra de río Frío	N	P
	Oreochromis	*aureus*	Tilapia azul	E	
	Oreochromis	*mossambicus*	Tilapia negra	E	
	Oreochromis	*niloticus*	Tilapia del Nilo	E	
Cyprinidae	*Algansea*	*tincella*	Pupo del Valle	N	
	Aztecula	*sallaei*	Carpa azteca	N	
	Carassius	*auratus*	Carpa dorada	E	
	Ctenopharyngodon	*idella*	Carpa herbívora	E	
	Cyprinus	*carpio*	Carpa común	E	
	Hybopsis	*calientis*	Carpa amarilla	N	
	Yuriria	*alta*	Carpa blanca	N	
Goodeidae	*Alloophorus*	*robustus*	Chegua	N	
	Allotoca	*dugesii*	tiro	N	A
	Goodea	*atripinnis*	Tiro	N	
	Chapalichthys	*encaustus*	Pintito de Ocotlán	N	
	Hubbsina	*turneri*	Mexcalpique michoacano	N	P
	Skiffia	*bilineata*	Tiro rayado	N	P
	Skiffia	*lermae*	Tiro	N	A
	Xenotoca	*variata*	Pintada	N	
	Zoogoneticus	*quitzeoensis*	Picote	N	
Ictaluridae	*Ictalurus*	*dugesii*	Bagre del Lerma	N	
	Ictalurus	*mexicanus*	Bagre del Río Verde	N	A
Poeciliidae	*Poecilia*	*Mexicana*	Topote del Atlántico	N	
	Poecilia	*reticulata*	Guppy	E	
	Poeciliopsis	*infans*	Guatopote del Lerma	N	
	Xiphophorus	*variatus*	Espada de Valles	E	
Salmonidae	*Onchorynchus*	*mykiss*	Trucha arcoíris	E	

Se incluye su clasificación como especie nativa (N) o exótica (E) al país y su presencia y clasificación dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (P = especie en peligro de extinción; A = especie amenazada).
* *C. bartoni* es posiblemente una especie extinta (ver texto). (Nombres comunes de Espinosa-Pérez *et al.* 1993.)

y cambios nomenclaturales), así como la llegada de especies no nativas a los cuerpos de agua. El número de especies de peces que se localizan en Guanajuato representa aproximadamente 7.5% del total de especies de agua dulce que se conocen en México (~506).

Como se sabe, en México se encuentran los límites de las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical. Cada una de ellas tiene faunas de peces dulceacuícolas características (Meek, 1904; Miller y Smith, 1986). Además de contener especies propias de cada una de estas regiones biogeográficas, como se muestra líneas abajo, hasta hace algunos años la entidad contaba con una especie endémica (*Chirostoma bartoni*) (hoy extinta), y también con taxa exclusivos del centro de México (especies del género *Chirostoma* y miembros de las familias Goodeidae –por ejemplo *Xenotoca variata*, figura 1- y Cyprinidae), que contribuyen a la formación de la Zona de Transición Mexicana.

Distribución

En el estado inciden cinco regiones hidrológicas prioritarias (RHP) identificadas por la Conabio (Arriaga-Cabrera, 2000): RHP57 Cabecera del río La Laja; RHP59 Presas del río Turbio; RHP61 Lagos Cráter Valle de Santiago; RHP62 Pátzcuaro y cuencas endorréicas cercanas, y RHP75 Confluencia de las Huastecas. Existe además la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda-Guanajuato, recién decretada, en la que, por tratarse de una región prácticamente inexplorada, apenas se han iniciado trabajos de inventarios florísticos y faunísticos. En las porciones de estas áreas protegidas que pertenecen a Guanajuato, se encuentran algunas especies que pueden considerarse como amenazadas o en peligro de extinción (ver sección acerca de los estados de conservación, líneas abajo).

La mayor parte (~91%) del estado forma parte de la cuenca del río Lerma-Chapala, cuya ictiofauna está conformada por grupos de origen Neártico, a los que se suman especies exclusivas de la subprovincia Medio Lerma, como *Aztecula sallaei*, *Yuriria alta* (figura 2), *Hubbsina turneri*, *Skiffia bilineata, Zoogoneticus quitzeoensis, Chirostoma aculeatum* y *C. arge*, que la distinguen de las otras dos en que se divide la provincia Lerma-Chapala (Díaz-Pardo *et al*., 1993). La porción noreste, que constituye el resto del territorio, pertenece a la cuenca del Pánuco, que tiene diferencias importantes en la composición específica, e incluye a *Astyanax mexicanus, Ictalurus mexicanus, Cichlasoma labridens* y *C. steindachneri*, en su mayoría del trópico.

La red hidrológica de Guanajuato es característica de una región con relieve accidentado, entremezclado con planicies. El río más importante es el Lerma, que drena la mitad suroeste de la entidad; le siguen en importancia los ríos La Laja y Turbio (cuenca del Lerma). Existen pocos lagos naturales, representados por varios lagos cráter en Valle de Santiago, pero sólo uno de ellos tiene antecedentes de presencia de peces (*Chirostoma bartoni*). También se han construido numerosos embalses, como Yuriria, Solís e Ignacio Allende (Moreno-Hentz, 2005).

Conocimiento del grupo biológico

El estado es habitado por grupos de peces nativos que han sido objeto de numerosos estudios, fundamentales para la conservación de la biodiversidad. Las primeras referencias sobre la ictiofauna corresponden al profesor Alfredo Dugès (1868, 1869), quien incluye varias especies de peces capturados en Guanajuato en su catálogo sobre los vertebrados de la Republica Mexicana. Algunos de estos especímenes fueron depositados en el Smithsonian Institution en Washington D.C. A partir de ellos, investigadores estadounidenses describieron nuevas especies e incluso géneros, como es el caso de *Goodea atripinnis* Jordan, 1880 (gen. & sp. nov.) (figura 3), recolectada en la ciudad de León o *Hudsonius altus* Bean, 1880 (sp. nov.), procedente de la laguna de Tupátaro (también llamada laguna de Yuriria) (Jordan, 1880; Bean, 1880).

Diversas poblaciones de especies de goodeidos y aterinópsidos han sido piezas clave en el estudio de la distribución de estas familias a nivel nacional y continental (Domínguez-Domínguez *et al*., 2006; Bloom *et al*., 2009). Otros trabajos han sido importantes en la conservación de la diversidad íctica, como aquellos enfocados a la descripción de los cambios ictiofaunísticos y ecológicos ocurridos en algunos ríos (López-López y Díaz-Pardo, 1991; Díaz-Pardo *et al*., 1993; Mercado-Silva *et al*., 2006), o sobre las alteraciones

tróficas que han incidido en las comunidades de peces, como producto de la creación de embalses y la entrada de especies exóticas (López-López, 1997; Mercado-Silva *et al.*, 2008).

Principales amenazas, oportunidades o acciones de conservación

Al ser Guanajuato un estado con una importante actividad agrícola, ganadera e industrial y contar con numerosos centros de población humana, muchos de sus cuerpos de agua han sufrido un importante deterioro (Mercado-Silva *et al.*, 2006). Con ello, las comunidades de peces en la entidad han sufrido cambios drásticos. Un alto porcentaje de los sistemas dulceacuícolas han recibido algún tipo de afectación por diversas actividades humanas. Aunque los estudios de dichos efectos son limitados, es indudable que muchas de esas actividades han tenido consecuencias sobre las comunidades de peces de agua dulce (López-López y Díaz-Pardo, 1991; Mercado-Silva *et al.*, 2006).

Las actividades productivas agrícolas, industriales y urbanas han contribuido con el aporte de contaminantes orgánicos e inorgánicos a los cuerpos de agua dulce de Guanajuato. Es bien conocido que el aporte de metales pesados y otros contaminantes inorgánicos tienen efectos negativos que incluyen daños morfológicos, fisiológicos y etológicos, no sólo sobre los peces y otros organismos que habitan estos ecosistemas, sino también sobre los seres humanos que los consumen o que utilizan esos cuerpos de agua. Por otro lado, la entrada de fertilizantes y abonos orgánicos, además de favorecer el incremento de la turbidez del agua, propicia el incremento de la demanda biológica de oxígeno (DBO) y reduce la cantidad de oxígeno disuelto disponible para los peces y otros organismos en el ecosistema.

El río Lerma, parte de una de las cuencas más grandes del país, es también uno de los ríos mas afectados por las actividades humanas. Lyons *et al.* (1998) señalan que al menos tres especies –*Algansea barbata, Chirostoma charari* y *C. compressum*– desaparecieron en la década de los noventa del siglo pasado del Lerma, y reportaron un gran número de sitios en esta cuenca que, debido a la contaminación y a la



Figura 1. Ejemplares de *Xenotoca variata*, una especie de pez dulceacuícola de Guanajuato. (fotografía de John Lyons).



Figura 2. *Yuriria alta*, una especie nativa al estado (fotografía de John Lyons).



Figura 3. *Goodea atripinnis*, una especie común en la cuenca del Lerma en el estado. (fotografía de John Lyons).

modificación de los hábitats, ya no pueden ser habitados por peces. Sin embargo, una población remanente de *A. barbata* fue descubierta a mediados de la década de los noventa en el Estado de México (Figueroa-Lucero y Ontiveros-López, 2000).

Los ríos Apaseo, en su tramo entre las ciudades de Querétaro y Apaseo el Grande, Guanajuato, el Lerma, en su paso por Salamanca, y el río La Laja, desde su salida del embalse Ignacio Allende hasta su confluencia con el Lerma, muestran ejemplos de la influencia de la actividad humana (figuras 4-6).

Muestreos periódicos de calidad del agua efectuados en los ríos Apaseo y Lerma de 1996 a la fecha, indican que desde entonces las condiciones de ambos son totalmente anóxicas (Pineda-López *et al.*, 2009), lo que causó la extirpación de la población de *Skiffia lermae*, limitando su distribución y que muy posiblemente contribuyó a la desaparición local de *S. bilineata*. En el caso del río La Laja se han sumado varias causas: la fragmentación del hábitat, producto del embalsamiento sucesivo de la corriente principal, la extracción del agua con fines agrícolas y la degradación de la calidad del agua, que han provocado la extirpación de *Scartomyzon austrinus* y la reducción de las poblaciones de *Yuriria alta* (Edmundo Díaz-Pardo, datos no publicados). Existen casos extremos en ciertos cuerpos de agua, como el lago-cráter La Alberca, en Valle de Santiago, donde la extracción masiva de agua para usos agrícola y doméstico, y su impacto en el manto freático, provocaron la desecación del lago-cráter y como consecuencia la extinción de *Chirostoma bartoni*, un aterinópsido endémico de ese lago (Edmundo Díaz-Pardo, datos no publicados). Antes de 1985, este lago cráter tenía una profundidad de más de 50 m pero, por las razones anteriormente expuestas, sufrió una reducción de su nivel de agua de aproximadamente 0.5–2.6 m por año (Armienta *et al.*, 2008).

Otras especies, como *C. aculeatum*, se encuentran en gran peligro de desaparecer (Bloom *et al.*, 2007) y algunas otras han perdido poblaciones y por tanto su amplitud de distribución se ha reducido hasta en más de 50%, junto con una reducción de los indicadores de la diversidad genética, como es el caso de *Skiffia bilineata*



Figura 4. Desechos urbanos en el río La Laja, cuenca del río Lerma, Guanajuato (fotografía de Edmundo Díaz Pardo).



Figura 5. Fragmentación del cauce del río La Laja, cuenca del río Lerma, Guanajuato (fotografía de Edmundo Díaz Pardo).



Figura 6. Extracción de agua en el cauce del río La Laja, cuenca del río Lerma, Guanajuato (fotografía de Edmundo Díaz Pardo).

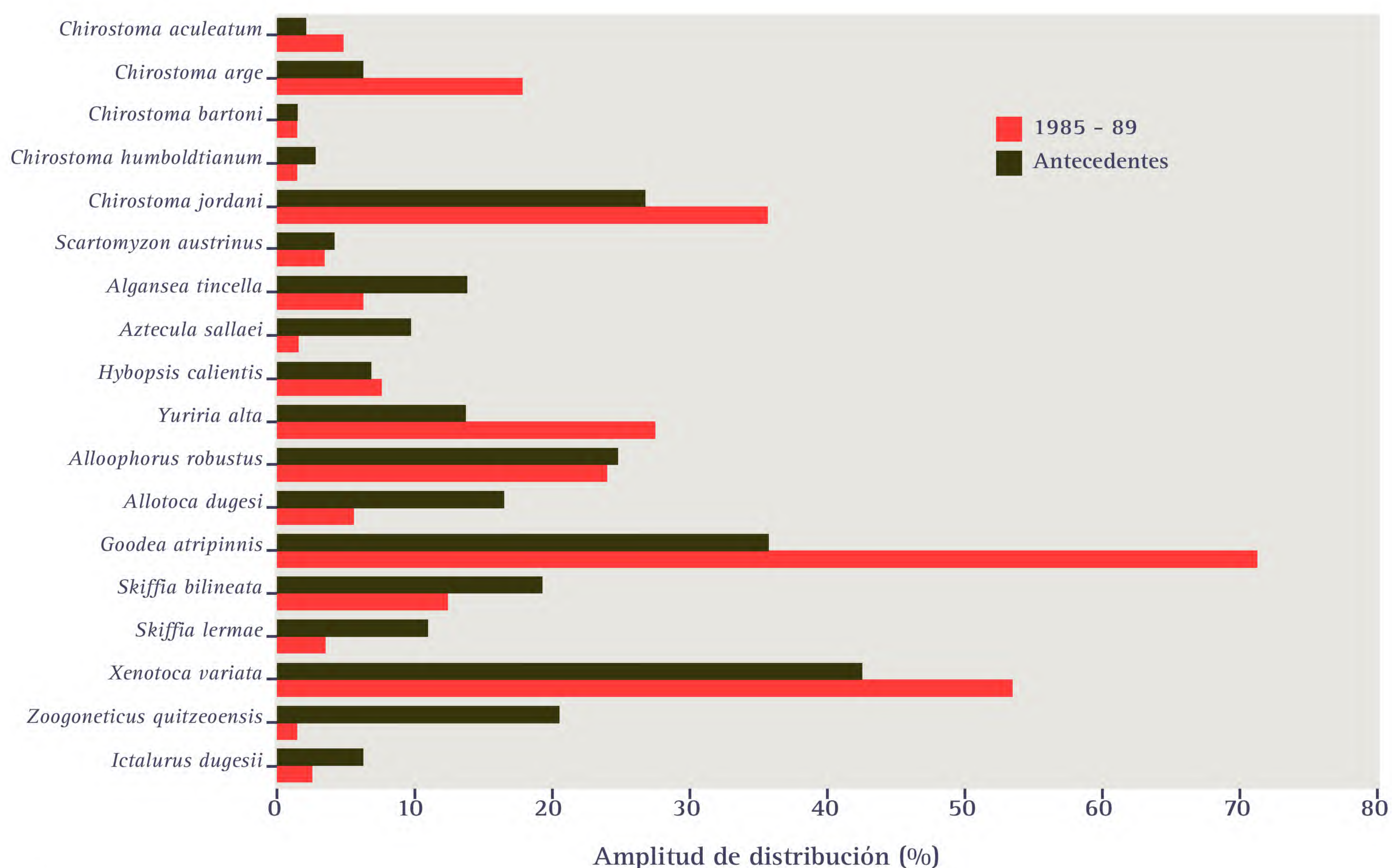


Figura 7. Comparación histórica de la amplitud de distribución de los peces nativos de la subprovincia del Medio Lerma. Se muestran los valores provenientes de registros en colecciones científicas hasta 1984 (antecedentes) y los correspondientes a un estudio realizado entre 1985 y 1989. Del gráfico y las especies que se presentan en el mismo, se evidencia la disminución de la distribución de las especies consideradas como sensibles o especialistas y el aumento en las tolerantes y generalistas (modificado de Díaz-Pardo *et al*., 1993).

(Díaz-Pardo *et al*., 1993; Ornelas-García *et al*., en prensa). De manera general se ha mencionado que de las cuencas de Guanajuato han desaparecido las especies sensibles al deterioro ambiental y algunas especies nativas bentónicas (p.ej., *Ictalurus dugesi, Scartomyzon austrinus*) (Mercado-Silva *et al*., 2006).

En una comparación histórica de la amplitud de distribución de los peces nativos de la subprovincia del Medio Lerma (figura 7), se ha identificado una disminución en la amplitud de la distribución de especies consideradas como sensibles o especialistas, y el aumento en la distribución de especies tolerantes a la degradación ambiental y generalistas. Esta figura muestra los valores provenientes de registros en colecciones científicas hasta 1984 y los correspondientes a un estudio realizado entre 1985 y 1989 (modificado de Díaz-Pardo *et al*., 1993).

Modificación del hábitat

La pérdida de hábitat es quizás el factor más importante de cambio para los cuerpos de agua dulce y, consecuentemente, para las comunidades de peces. La pérdida de cubierta vegetal y el cambio en el uso de suelo han favorecido la erosión y con ello el azolve de ríos y lagos (Gordon *et al*., 2004). Especies de peces que requieren de aguas relativamente claras y sustratos rocosos (p.ej. para anidamiento) han sufrido reducciones en sus poblaciones tanto por el incremento en la turbidez del agua, como por el aumento de sustratos suaves en el fondo de los ríos y lagos. Además, la construcción de presas y otras estructuras para el control del flujo de agua, así como su utilización en el ámbito agrícola, industrial y urbano, han contribuido a la reducción de flujo de agua en los ríos, a su fragmentación y,

en ocasiones, han llevado a la desecación de segmentos de los mismos. Con ello existe una reducción del hábitat disponible para los peces (Mercado-Silva *et al.*, 2006).

Especies introducidas

La entrada de especies exóticas afecta a las comunidades nativas de peces debido a la competencia por recursos (p.ej. alimento, espacio), fenómenos de depredación de las primeras sobre crías y huevos de las segundas, fenómenos de hibridación y la transmisión de enfermedades y parasitismos de las exóticas hacia las nativas. En Guanajuato se han encontrado algunos helmintos parásitos exóticos que pueden tener un importante efecto negativo sobre las poblaciones de peces nativos (Scholtz y Salgado-Maldonado, 2000).

Además de los impactos de la contaminación y la modificación física de los hábitats para peces en el estado, cuando menos 12 especies han sido introducidas a sus ecosistemas dulceacuícolas, ocho de ellas no nativas al país y otras cuatro nativas translocadas (especies cuya distribución natural se ubica en México, pero que han sido introducidas a nuevas áreas del país). Especies de ambos grupos han ocasionado diversos problemas (competencia, depredación) a los peces nativos (Mercado-Silva *et al.*, 2006, 2008). El establecimiento de especies no nativas en los diferentes cuerpos de agua de Guanajuato es quizá uno de los más drásticos cambios que han sufrido las comunidades de peces.

Es factible que el número de especies exóticas en la entidad aumente en el futuro próximo si no se toman medidas precautorias. Entre otras, es altamente probable la llegada a aguas dulces guanajuatenses de los llamados peces diablo o plecos (Familia Loricariidae) (Wakida-Kusunoki *et al.*, 2007), que podrían tener consecuencias graves para las pesquerías comerciales y de subsistencia del estado, y en general para las comunidades de peces nativos y los sistemas dulceacuícolas.

Pérdida de la vegetación riparia

Otro factor de cambio en la calidad del hábitat para los peces y el ecosistema en general es la destrucción del bosque ripario, es decir, el que se desarrolla en las orillas de lagos y ríos. Esta vegetación sirve no sólo para evitar la erosión de sus orillas, sino también para controlar la temperatura de los cuerpos de agua al proveerlos de sombra, como hábitat para insectos y otros organismos que son alimento de peces y como proveedores de hábitat (Lyons *et al.*, 2000). Diversas especies de peces encuentran entre las raíces sumergidas de los árboles de ribera sitios de anidamiento y protección. Asimismo, a lo largo de los cauces de los ríos existe la extracción masiva de agua para fines agrícolas, lo que conlleva a la desaparición de los ecosistemas dulceacuícolas y consecuentemente afecta de manera negativa a las comunidades de peces.

Sobreexplotación

Varias especies de peces dulceacuícolas mexicanos han sufrido bajas en sus poblaciones como consecuencia de la sobrepesca, aunque poco se conoce acerca de aquellas que en los ríos o lagos de Guanajuato hayan tenido alguna afectación derivada de la sobreexplotación. El caso del embalse de Yuriria –que se menciona en la contribución de Pesca y Acuacultura del capítulo Usos de la Biodiversidad de esta publicación–, es quizá uno de los pocos casos documentados a este respecto.

Oportunidades de conservación

Existen esfuerzos que se han llevado a cabo para la protección de algunos de los ecosistemas dulceacuícolas de Guanajuato. En la parte alta de la cuenca del río La Laja, se han realizado esfuerzos de restauración de arroyos que podrían resultar benéficos para algunas especies de peces nativos. Estos esfuerzos, a la par de la implementación de flujos ecológicos mínimos en la cuenca, podrían ayudar a que algunas poblaciones de peces nativos se incrementen (véase por ejemplo *http://rio-laja.org/espanol/quienes%20somos/mision.htm)*. En algunas regiones distantes en Guanajuato, en particular en la región serrana al noreste del estado, en la cuenca del Pánuco, existen sistemas dulceacuícolas que han sido

relativamente poco estudiados. Es posible que en estas zonas existan poblaciones de peces nativos que deben de ser estudiadas y protegidas antes de que las actividades antropogénicas en la región las pongan en riesgo.

Situación y estado de conservación

En la entidad federativa que nos concierne existen nueve especies que se encuentran enlistadas en la Norma Oficial Mexicana sobre especies en riesgo (NOM–059–SEMARNAT-2010), a saber: *Chirostoma bartoni, Cichlasoma steindachneri, Hubbsina turneri* y *Skiffia bilineata* son especies que se consideran en peligro de extinción; *Cichlasoma labridens, Allotoca dugesi, Skiffia lermae*, *Ictalurus mexicanus y Zoogeoneticus quitzeoensis* aparecen listadas como amenazadas. Es necesario hacer notar que dada la fecha de publicación de la norma, ésta no incorpora el estatus más reciente de *Ch. bartoni*, que se presume extinta en la naturaleza. El libro rojo de la International Union for Conservation of Nature (IUCN), que establece las especies en riesgo a nivel mundial, no incluye especies de Guanajuato en alguna de sus categorías de conservación.

Usos de la biodiversidad

Pesca y Acuacultura

En varias presas, lagos y ríos del estado existen pesquerías de subsistencia y comercial. Gran parte de esta producción pesquera se basa en la explotación de peces no nativos y solamente los charales, que en muchas ocasiones son translocados de un cuerpo de agua a otro, son especies nativas. En algunas presas existen cooperativas de pesca que aprovechan a los charales para la pesca comercial. Los peces son vendidos a empresas procesadoras que se encargan de proveer al mercado local y nacional. Mayor información acerca de la pesca y la acuacultura que se da en la entidad se puede encontrar en el capítulo Usos de la Biodiversidad.

En algunos de los embalses es común que se organicen torneos de pesca deportiva. Esta actividad generalmente se centra en la captura de lobina negra (*Micropterus salmoides*), una especie introducida a aguas del centro de México.

Peces de ornato y acuariofilia

Además de su uso en la acuacultura y la pesca existen otras actividades en el estado donde los peces juegan un papel importante: la producción de peces dulceacuícolas (nativos y exóticos) y la extracción de peces nativos para la acuariofilia. Se conoce que existen aproximadamente 393 especies de peces dulceacuícolas introducidas en México para su utilización como peces de ornato (Fuentes-Mata y Espinosa-Pérez, 2005). Muchas de estas especies, principalmente de origen amazónico y asiático, son comercializadas en diversas entidades del país. Cuando éstas escapan o son liberadas a nuevos hábitats, pueden establecer poblaciones que afectan a las especies nativas. Tal es el caso del pecílido *Xiphophorus variatus*, que se ha establecido en diversas zonas de Guanajuato.

La producción de especies de peces nativos y exóticos de ornato es una actividad presente y aunque se desconoce la identidad de las especies exóticas de ornato y las condiciones de su cultivo, es oportuno recalcar que deben de tomarse medidas precautorias para evitar que estos peces tengan acceso a los ecosistemas naturales de la entidad. Además, es necesario evitar la transfaunación de especies mexicanas, es decir, evitar que especies que se presentan en una determinada región de México o Guanajuato, sean introducidas o liberadas en otros ecosistemas de donde no son originarias.

Guanajuato es también un sitio de interés para la extracción de peces de interés en la acuariofilia. En sus aguas naturales existen algunas especies (especialmente goodeídos y pecílidos) que son extraídas para su reproducción en cautiverio (Baensch, 2004; consultar también *http://www.goodeiden.de*).

Importancia ecológica, económica y cultural

Los peces juegan un papel preponderante dentro de los ecosistemas dulceacuícolas. Generalmente, algunas especies de peces son los depredadores superiores dentro de estos ecosistemas, de mane-

ra que controlan las poblaciones de otros organismos. Al mismo tiempo, muchas aves migratorias y residentes utilizan a los peces como su presa principal.

En líneas anteriores se mencionó la importancia que tienen los peces para las actividades de pesca, acuacultura y acuarismo en Guanajuato. Estas actividades son quizás una pequeña parte de la actividad económica total del estado, pero aun así existen numerosas familias para quienes la pesca de subsistencia o la acuacultura significan una importante fuente de proteína animal a sus dietas, y una fuente de ingresos adicional a aquella proveniente de actividades como la agricultura o la construcción. Asimismo, la pesca comercial de charales (*Chirostoma* spp.) es importante sustento para pescadores en ciertos embalses. Los charales generalmente son capturados en presas y lagos y llevados a plantas procesadoras donde generalmente son secados al sol, para después ser vendidos en mercados locales.

Existe poca evidencia del valor cultural de los peces en Guanajuato a través del tiempo. Los inventarios arqueoictiológicos indican un vacío en el hallazgo de restos de peces en contextos arqueológicos (Polaco y Guzmán, 1997; Guzmán y Polaco, 2005; Guzmán-Camacho, 2007), lo que probablemente se deba a un pobre muestreo de estos materiales, más que a una falta de consumo o de utilización por las civilizaciones prehispánicas.

Las crónicas y otros documentos etnohistóricos tampoco dan mucha evidencia del uso de los peces de este estado en la antigüedad (Guzmán y Polaco, 2007; Guzmán-Camacho, 2007). En realidad, las escasas anotaciones de principios de la época colonial se centran en los alrededores de Acámbaro, de Iramuco y de Yuriria y fueron obtenidos durante el censo geográfico-económico conocido como *Relaciones Geográficas del siglo xvi*. A pesar de la parquedad de los datos, dichas anotaciones resultan interesantes por referir la pesca en Guanajuato tanto en los medios fluviales, lacustres y artificiales (Acuña, 1987).

En el área de Acámbaro se desarrollaba una pesca fluvial en dos ríos caudalosos, uno de los cuales es sin duda el río Lerma y el otro quizá sea el río La Laja; en ellos había una notable abundancia de peces de manera general, y de bagres en particular y, aunque el tipo de aprovechamiento no está indicado, es de suponer que estaba centrado en la alimentación, dado que el capítulo trata sobre la riqueza de recursos alimentarios de la zona. Por su parte, la pesca lacustre se desarrollaba en Iramuco, población situada en el margen noreste de la laguna de Cuitzeo y en donde los indígenas aprovechaban la abundancia de peces de la laguna. En cambio, en los alrededores de Yuriria –antiguamente Yurirapúndaro– se desarrollaba la pesca en ambos ambientes, esto es, tanto en la porción del río Lerma próxima a esta población, y que era conocida por la abundancia de bagres, como en la laguna artificial de Yuriria, que es quizá la primer obra hidráulica de Nueva España, formada al hacer una zanja para llevar agua del río Lerma a una planicie inundable; en estos ambientes, la población indígena realizaba importantes pesquerías de las cuales vivía y comerciaba.

La preferencia desde el siglo xvi del consumo del bagre sobre otras especies de peces nativos de Guanajuato se ha mantenido a lo largo del tiempo. De acuerdo con Dugès (1868), los bagres eran prácticamente la única especie que se consumía debido a la calidad y sabor de su carne y era pescado con redes en el río Lerma; una manera usual de prepararlo era en conserva, para lo cual se freía, se le partía en trozos y se mezclaba en una olla con pimienta, sal, aceite, vinagre, especias y laurel. Los otros peces, que eran obtenidos básicamente en las lagunas de Cuitzeo y de Yuriria, se dejaban secar, pero eran considerados un alimento pobre.

El siglo xx también retrata esa preferencia, pues una compilación de recetarios de platillos rurales muestra el amplio uso de los bagres, así como la incorporación de especies introducidas como la carpa y de los peces marinos como el robalo y el huachinango, así como otros pescados grandes (Levín-Kosberg, 1988).

Un uso más reciente es el decorativo, ya que en los canales del domo del Conservatorio de Plantas Mexicanas de la zona de preservación ecológica El Charco del Ingenio, próximo a San Miguel de Allende, los peces de la familia Goodeidae y Poecilidae forman parte de la ambientación de la instalación (observación personal).

Conclusiones

Ante los factores de degradación ambiental mencionados en los párrafos precedentes, es indispensable implementar acciones en muy diversas áreas y desde múltiples niveles de gobierno. En este sentido, es necesario aumentar la difusión del conocimiento que se tiene acerca de la diversidad biológica dulceacuícola de Guanajuato y su problemática actual. Al mismo tiempo es imperativo que los diversos sectores ciudadanos, de gobierno y productivos reconozcan su papel no sólo como beneficiarios de los sistemas dulceacuícolas, sino como potenciales degradadores de los mismos.

Más allá del reconocimiento de beneficios y responsabilidades, resulta importante la colaboración intersectorial e intermunicipal en la identificación de los problemas que aquejan a las comunidades de peces nativas y en la implementación de estrategias que permitan la mejora de las condiciones de los cuerpos de agua. Los peces dulceacuícolas no sólo requieren de buena calidad de agua para su supervivencia, sino también de la presencia y adecuado funcionamiento de todos los componentes bióticos y abióticos que se presentan en sus ecosistemas naturales. Es fundamental que como sociedad procuremos el mantenimiento de estos componentes.

Literatura citada

Acuña, R. (ed.). 1987. *Relaciones geográficas del siglo XVI*, vol. 9: “Michoacán”. México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (Escrito originalmente en 1579-1582).

Armienta, M.A., G. Vilaclara, S. de la Cruz-Reyna *et al.* 2008. “Water chemistry of lakes related to active and inactive Mexican volcanoes”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* **178**: 249-258.

Arriaga-Cabrera, L. 2000. *Regiones hidrológicas prioritarias para la conservación de la biodiversidad*. México, Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

Baensch, H.A. 2004. *Aquarium atlas*. Alemania, Mergus-Verlag.

Bean, T.H. 1880. “Description of two species of fishes collected by Prof. A. Duges in Central Mexico”, *Proceedings of the United States Natural Museum* **2**: 302-303.

Bloom, D.D., K.R. Piller, J. Lyons *et al.* 2007. “Threatened fishes of the world: *Chirostoma aculeatum* Barbour, 1973 (Atherinopsidae)”, *Environmental Biology of Fishes*: DOI 10.1007/s10641-007-9275-9.

———, K.R. Piller, J. Lyons *et al.* 2009. “Systematics and biogeography of the silverside Tribe Menidiini (Teleostomi: Atherinopsidae) based on mitochondrial ND2 gene”, COPEIA **2**: 408-417.

Díaz-Pardo, E., M.A. Godínez-Rodríguez, E. López -López *et al.* 1993. “Ecología de los peces de la cuenca del río Lerma, México”, *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* **39**: 103-127.

———, R. Pineda López, R. Pineda-López *et al.* 2009. “Las comunidades acuáticas de la zona metropolitana de la Cd. de Querétaro”, *Extensión Nuevos Tiempos* **2**: 12-22.

Domínguez-Domínguez, O., I. Doadrio Villarejo y G. Pérez-Ponce de León. 2006. “Historical biogeography of some river basins in central Mexico evidenced by their goodeine freshwater fishes: a preliminary hypothesis using secondary Brooks parsimony analysis”, *Journal of Biogeography* **33**: 1437-1447.

Dugès, A. 1868. “Aperçu general sur la faune de Guanajuato (Mexique)”, *Bulletin, Societé Impériale Zoologique d’acclimatacion* **2**: 545-578.

———. 1869. “Catálogo de animales vertebrados observados en la República Mexicana”, *La Naturaleza* **1**: 137-146.

Espinosa-Pérez, H., M.T. Gaspar-Dillanes y P. Fuentes-Mata. 1993. *Listados faunísticos de México*, III: Los peces dulceacuícolas mexicanos, México, UNAM.

Fuentes-Mata, P. y H. Espinosa-Pérez. 2005. Presence in Mexico of exotic fishes via the aquarium hobby industry. Presentación en cartel en la reunión del Desert Fish Council, Cuatro Cienegas, Coahuila, en *http://www.desertfishes.org/meetings/2005/DFC_Program_2005_final.pdf.*

Gordon N.D., T.A. McMahon, B.L. Finlayson *et al.* 2004. Stream hydrology: An introduction for ecologists, 2ª ed. John Wiley and Sons.

Guzmán, A.F. y O.J. Polaco. 2005. “La arqueoictiología en México”, *Revista Digital Universitaria*, **5**: 1-10.

——— y O.J. Polaco. 2007. “Fishing in Pre-hispanic México”, en T*he role of fishing in ancient time: proceedings of the 13th Meeting of the ICAZ-Fish Remains Working Group Meeting (Heidemarie Hüster Plogmann, hrsg.)*. Internationale Archäologie, Arbeitsgemeinshcalt, Symposium, Tagung, Kongress, Band 8. Verlag Marie Leidorf GmbH. Rahden, Westf, pp. 25-36.

Guzmán-Camacho, A.F. 2007. *Los peces de las ofrendas del Complejo A del Templo Mayor: una aproximación biológica y arqueozoológica*, tesis de doctorado. Madrid, Universidad Autónoma de Madrid (UAM).

IUCN (International Union for Conservation of Nature). http//*www.iucnredlist.org*, última consulta 20 de marzo de 2012.

Jordan, D.S. 1880. “Notes on a collection of fishes obtained in the streams of Guanajuato and in Chapala Lake, Mexico, by Prof. A. Dugès”, *Proceedings of the United States Natural Museum* **2**: 298-301.

Levín-Kosberg, L. (coord.). 1988. *Comida familiar en el estado de Guanajuato*. México, Banco Nacional de Crédito Rural.

López-López, E. 1997. *Análisis limnobiológico del embalse Ignacio Allende, Guanajuato,* México, tesis de doctorado, México, Instituto Politécnico Nacional.

——— y E. Díaz-Pardo. 1991. “Cambios distribucionales en los peces del río de La Laja (Cuenca Río Lerma), por efecto de disturbios ecológicos”, *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* **35**: 91-116.

Lyons, J., G. González-Hernández, E. Soto-Galera *et al.* 1998. “Decline of freshwater fishes and fisheries in selected drainages of west central Mexico”, *Fisheries* **23**: 10-18.

———, S.W. Trimble y L.K. Paine. 2000. “Grass versus trees: Managing riparian areas to benefit streams of central North America”, *Journal of the American Water Resources Association* **36**: 919-930.

Meek, S.E. 1904. “The fresh-water fishes of Mexico north of the Isthmus of Tehuantepec”, *Field Columbian Museum Publications* 93 (Zool.) **5**: IX-LXIX: 1-252.

Mercado-Silva, N., J. Lyons, E. Díaz-Pardo *et al.* 2006. “Long -term changes in the fish assemblage of the Laja River, Guanajuato, central Mexico”, *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **16**: 533-546.

——— , M.R. Helmus y M.J. Vander Zanden. 2008. “The effects of impoundment and non-native species on a river food web in Mexico’s central plateau”, *River Research and Applications*, DOI: 10.1002/rra.1205.

Miller, R.R. y M.L. Smith. 1986. Origin and geography of the fishes of Central Mexico. en C. H. Hocutt y E.O. Wiley (eds.). *The zoogeography of North American freshwater fishes*. Nueva York, John Wiley & Sons, pp. 487-517.

——— , W.L. Minckley y S.R. Norris. 2005. *Freshwater fishes of Mexico*. Chicago, The University of Chicago Press.

Moreno-Hentz, P. 2005. *Gran Atlas de México*. México, Planeta.

Ornelas-García, C.P., F. Alda, E. Díaz-Pardo *et al.* En prensa. “High genetic diversity in a rare species: the case of the endangered goodeid fish Neotoca *bilineata* (Bean 1887)”, *Biological Conservation*.

Paxton, J.R., y W. Eschmeyer. 2003. *Encyclopedia of Fishes: A comprehensive guide by international experts*. San Francisco, C.A., Fog City Press.

Pineda-López, R., E. Díaz-Pardo y M. Martínez. 2009. *Flora y fauna asociada a arroyos y ríos de las cabeceras Lerma-Chapala y Pánuco*. México, Universidad Autónoma de Querétaro.

Polaco, O.J. y A.F. Guzmán. 1997. *Arqueoictiofauna mexicana*, vol. 352, Colección Científica, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

Salvemos al Río Laja, A.C., en *http://rio-laja.org/espanol/quienes%20somos/mision.htm*.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de diciembre de 2010.

Scholtz, T. y G. Salgado-Maldonado. 2000. “The introduction and dispersal of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Digenea: Heterophyidae) in Mexico: A review”, *American Midland Naturalist* **143**: 185-200.

Wakida-Kusunoki, A.T., R. Ruiz-Carus y E. Amador-del-Ángel. 2007. “Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Loricariidae), another exotic species established in southeastern Mexico”, *Southwestern Naturalist* **52**: 141-144.

LOS PECES EN LA PRESA LA PURÍSIMA



José Adán Caballero Vázquez | Carolina Vela Santoyo

Con una superficie de 2 728 ha y una altitud promedio de 1 800 msnm, el Área Natural Protegida (ANP) Presa La Purísima, se localiza en la región centro del estado de Guanajuato (*POGEG*, 2007). Este embalse recibe las aguas de diversos ríos y arroyos entre los que destacan el río Guanajuato, el arroyo La Trinidad y el arroyo Chapín, los cuales presentan zonas de topografía variada, pendientes media y alta hacia el cerro El Sombrero, en la ribera sur de la desembocadura del arroyo La Trinidad y en ambas riberas del arroyo Chapín (Wruck *et al.*, 1999). El ANP forma parte de la microcuenca Presa La Purísima o Alto Río Guanajuato y del acuífero Silao-Romita, siendo una zona importante de recarga de agua (Romo-García, 2006).

De acuerdo con su topografía, La Purísima se divide en tres regiones fisiográficas: Sierra de Guanajuato, lomerío y planicie y Sierra Misterio del Chorro, las cuales conforman un paisaje accidentado, diverso y rico que determinan la vegetación, suelo y clima local (*Periódico Oficial de Gobierno del Estado del Guanajuato* 2007).

La presa fue construida entre 1978 y 1979 con fines de riego y para el control de inundaciones. Su capacidad de almacenamiento es de 195.7 millones de m^3; tiene una longitud máxima de 3.9 km en temporada de lluvias y de 1.9 km durante el estiaje, una anchura máxima de 2.5 km en lluvias y de 1.2 km en secas; en su máxima capacidad ocupa una superficie de 1 200 ha (Romo-García, 2006), su profundidad va de 22 m durante las lluvias hasta 4.3 m en secas.

La Purísima es una zona de recarga de los mantos acuíferos que proporciona agua para irrigar 4 500 ha en el municipio de Irapuato y Guanajuato, aunque hay planes para utilizar el agua para abastecer la ciudad de Guanajuato. El embalse cuenta con una moderada riqueza y abundancia de especies terrestres y acuáticas (observación personal). Asimismo, la presa funciona como un sitio de alimentación y descanso para aves residentes y migratorias y presenta pequeños fragmentos de vegetación característicos de la región en condiciones de regular estado de conservación (Romo-García, 2006). En el año 2005, la presa fue decretada como una ANP por el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (*Periódico Oficial de Gobierno del Estado del Guanajuato*, 2005). Además de su importancia ecológica, el ANP tiene una elevada importancia cultural, pues posee vestigios prehispánicos pertenecientes posiblemente a la cultura chichimeca (Hernández, comunicación personal). La composición biológica de la presa (excepto en su maleza acuática) es similar a la de otros cuerpos del estado (Bravo, 1999; Novelo, 2002). El fitoplancton se integra principalmente por algas cianofitas, crisofitas y clorofitas. El zooplancton por protozoarios sarcodinos, ciliados, y rotíferos (Hernández, comunicación personal). La fauna bentónica es escasa en el ANP, solamente se conocen larvas de insectos dípteros y oligoquetos. También se conocen algunos anfibios del género *Rana* y reptiles (tortugas casquito) del género *Kinosternon*. El necton lo integran principalmente peces, de los cuales la mayoría pertenecen a especies introducidas como la carpa (*Cyprinus carpio*), la lobina negra (*Micropterus salmoides*), la tilapia (*Oreochromis* spp.), el bagre (*Ictalurus punctatus*) y algunas mojarras (*Oreochromis niloticus niloticus* y *Lepomis macrochirus*), aunque posiblemente existan otras especies. Entre las especies nativas de México que se pueden encontrar en La Purísima destacan los charales (*Chirostoma* spp.), o algunas especies pertenecientes a la subfamilia Goodeinae (Goodeidae: Cyprinodontiformes).

El uso actual y la atención que se les da a estos peces en la Presa La Purísima es de poca

Caballero-Vázquez, J. A. y C. Vela-Santoyo. 2012. “Los peces en la presa La Purísima” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 214-216.

relevancia, sin embargo, algunos Goodeinae son utilizados como alimento para la engorda y crecimiento de los peces (posiblemente *Goodea atripinnis* o *Alloophorus robustus*) en la granja El Geranio, ubicada en el poblado de Nuevo Chupícuaro, municipio de Acámbaro.

Actualmente se tiene un registro de 11 especies de peces, distribuidas en nueve géneros y siete familias, con base en datos no publicados y en estudios realizados por Romo-García (2006) en el Programa de Manejo del Área Natural Protegida de La Purísima, en donde se realizaron colectas en diferentes sitios de la presa (cuadro 1).

La importancia ecológica y económica de embalses como La Purísima, es que pueden servir como modelo para estudiar procesos ecológicos como la sucesión y la regulación de nutrientes; interacciones como la competencia y la depredación y los estudios poblacionales. Aunque las presas en general dañan a los ríos, pueden tener cierta importancia para la fauna y la vegetación locales. Constituyen un medio fundamental para que algunas especies completen su ciclo vital; sirven como refugio de fauna y como estación de invierno para muchas especies de aves migratorias.

La situación actual de la subcuenca La Purísima es de franco deterioro, por lo que es necesaria una inmediata atención en estudios biológicos y en su rehabilitación. Las alternativas de manejo y conservación deben ser puestas en marcha bajo una estricta responsabilidad ecológica y estructural, lo cual supone la participación activa de sus habitantes y de las instancias educativas y gubernamentales.

Cuadro 1. Listado de especies de peces registrados en la Presa La Purísima.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Cyprinidae	**Cyprinus carpio comunis*	Carpa común
	**Cyprinus carpio specularis*	Carpa espejo
	**Carassius auratus*	Carpa dorada
Cichlidae	**Oreochromis niloticus niloticus*	Mojarra, tilapia o tilapia nilótica
	**Oreochromis aureus*	Tilapia, tilapia azul
Ictaluridae	*Ictalurus punctatus*	Bagre
Centrarchidae	**Micropterus salmoides*	Lobina negra
	Lepomis macrochirus	Mojarra agallas azules
Atherinidae	**Chirostoma spp*	Charal, pez blanco
Poeciliidae	*Poeciliopsis infans*	Barrigón
Goodeidae	*Goodea atripinnis*	Godeido

El asterisco (*) indica las especies no nativas. Listado realizado con base en información en Romo-García (2006).

8 Capítulo

Literatura citada

Bravo, C. 1999. *Inventario nacional de especies vegetales y animales de uso artesanal*. Asociación Mexicana de Arte y Cultura Popular, A.C. Base de datos SNIB-Conabio. Proyecto J002. México.

Novelo, A. 2002. *Inventario de la vegetación acuática vascular de cuatro regiones hidrológicas prioritarias del centro de México*. México, Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Base de datos SNIB-Conabio. Proyecto S133. Herbario Nacional MEXU.

POGEG *(Periódico Oficial de Gobierno del Estado de Guanajuato)*. 2005. Acuerdo en el que se declaró como Área Natural Protegida en la categoría de Uso Sustentable, la Presa La Purísima y su Zona de Influencia. Gobierno del Estado de Guanajuato.

———. 2007. Programa de Manejo del Área Natural Protegida Presa La Purísima y su Zona de Influencia del Municipio de Guanajuato, Guanajuato.

Romo-García, M.E. 2006. *Programa de Manejo del Área Natural Protegida de uso sustentable Presa La Purísima y su Zona de Influencia*. Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato.

Wruck, S.W., G.A. Gómez y M.R. Medina, 1999. *Microcuencas del Estado de Guanajuato (División hidrológica)*, Memoria Técnica de proyecto, Morelos, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

PRESA DE SILVA: LA GESTIÓN AMBIENTAL COMO UN ESFUERZO DE CONSERVACIÓN



Edmundo Díaz Pardo

Los antecedentes

Una de las principales corrientes del estado de Guanajuato es el río Turbio, que tiene su origen en la Sierra de Cuatroalba, en la porción norte del estado. Su cauce transcurre por las cercanías de las ciudades de León y San Francisco del Rincón. Su paisaje se ha visto modificado por actividades de represamiento, desmonte y sobrepastoreo. Entre las presas que se han construido en su cauce, destaca la Presa de Silva, cuerpo lacustre pequeño (1 205 km^2), localizado en las cercanías de las ciudades arriba mencionadas y cuyas aguas son usadas para riego agrícola (Arriaga-Cabrera *et al*., 2000). Hasta 1995, las condiciones de dicha presa dependían en gran medida de las del río Turbio, ya que sus aguas la alimentan 70% durante la temporada de lluvias y 100% durante el estiaje (CEC, 1996).

El área de influencia del embalse corresponde con uno de los polos económicos del estado, región de intensa actividad industrial y procesos que incluyen gran variedad de sustancias químicas tóxicas, las que se descargan al alcantarillado sin tratamiento previo, a donde van también las descargas residuales de San Francisco del Rincón y las de la industria de curtiduría y calzado de León, así como las remanentes de la acitividad agrícola (CEC, 1996).

El problema

En el invierno de 1994-1995 alrededor de 35 000 aves acuáticas inmigrantes murieron en la Presa de Silva. Los estudios preliminares señalaron que la principal causa de la mortandad fue la pésima calidad de agua del embalse.

Estudios puntuales posteriores (Arriaga-Cabrera *et al*., 2000) permitieron ubicar a la presa como un ecosistema contaminado por aguas residuales, agroquímicos y contaminantes industriales, con altos valores de DBO (demanda bioquímica de oxígeno: cantidad de materia orgánica susceptible de ser consumida u oxidada, mediante el consumo de oxígeno, por las poblaciones microbianas), y DQO (demanda química de oxígeno: cantidad de sustancias que pueden ser oxidadas por reacciones químicas). Ambos parámetros miden el grado de contaminación, por eso el que sus valores sean altos proviene de la gran cantidad de materia orgánica acumulada y por degradar un ecosistema acuático, lo que se refleja también en la conductividad, que tiene cifras mayores a 5 000 $\mu S^* cm^{-1}$ y predominancia de cianobacterias, características propias de sistemas acuáticos altamente eutroficados (Arriaga-Cabrera *et al*., 2000).

Junto con las aves hubo mortandades masivas de peces y migración de sus poblaciones río arriba. Los registros históricos (Arriaga-Cabrera *et al*., 2000) indican la presencia, en la Presa de Silva y en las inmediaciones de su corriente tributaria, de especies nativas como: *Algansea tincella, Alloophorus robustus, Chirostoma aculeatum, C. arge, C. jordani, Scartomyzon austrinus, Skiffia bilineata, Xenotoca variata, Yuriria alta, Allotoca dugesii, Ictalurus dugesii, Goodea atripinnis, Hybopsis calientis, Poeciliopsis infans*, además de los exóticos *Cyprinus carpio, Poecilia reticulata* y *Oreochromis* spp. Varias especies nativas y exóticas eran objeto de consumo por los habitantes de los alrededores del embalse del río, pero todas fueron extirpadas de esa zona.

La solución

Con base en la problemática arriba mencionada, se tomó la decisión de poner en marcha un amplio proceso de investigación, participación ciudadana y colaboración de instancias guber-

Díaz-Pardo, E. 2012. “Presa de Silva: la gestión ambiental como un esfuerzo de conservación” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 217-219.

namentales y organismos internacionales en la averiguación de las causas de dicha mortandad y la búsqueda de soluciones.

En junio de 1995 tres organizaciones no gubernamentales: National Audubon Society, el Grupo de los Cien y el Centro Mexicano de Derecho Ambiental, solicitaron a la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CEC) la elaboración de un informe en el que se analizaran las causas y circunstancias de la mortandad de las aves. Para ello se formó un grupo de especialistas en distintas disciplinas: biología, toxicología, ecología, hidrología e ingeniería química. Este grupo determinó que la causa de la mortandad de 21 especies de aves y de 14 especies de peces nativos, más las introducidas, fue el botulismo (intoxicación alimentaria, la mayor parte de las veces mortal, causada por una neurotoxina producida por la bacteria *Clostridium botulinum*, que se encuentra en áreas o alimentos contaminados). A esto se sumó la presencia de altas cantidades de metales pesados como cromo, plomo, mercurio, y la contaminación por aguas residuales municipales y sustancias agroquímicas que abatieron el oxígeno disuelto del agua y favorecieron el desarrollo de microalgas nocivas, como las cianobacterias (CEC, 1996).

Se estableció un Consejo de Participación Ciudadana que se involucró en la gestión ambiental del estado y se inició la impartición de cursos de capacitación sobre temas ambientales a la ciudadanía, al personal gubernamental, así como a empresarios y estudiantes. Al mismo tiempo se decretaron leyes y normas que regularan el uso de la presa (CEC, 1996).

En 1997, se declaró como Área Natural Protegida, en la categoría de Zona de Restauración Ecológica, la comprendida por la Presa de Silva y sus áreas aledañas, cuyo objetivo fundamental es restaurar y preservar el hábitat acuático, así como promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que garanticen su permanencia y, por lo tanto, una mejor calidad de vida para los habitantes y sus futuras generaciones (*Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato*, 1997).

El Programa de Manejo para la nueva Área Protegida fue decretado en 1998 y tiene como objetivos:

1. Mejorar la calidad de los recursos de suelo y agua utilizados en las actividades económicas de los habitantes del área natural.
2. Proporcionar un hábitat acuático saludable.
3. Fomentar el uso sustentable de los recursos naturales mediante la aplicación de las disposiciones ambientales y la realización de acciones de capacitación, educación ambiental, investigación, asesoría y desarrollo rural (*POGEG*, 1998).

Para su cumplimiento se diseñaron las siguientes iniciativas:

1. Gestión de los recursos naturales.
2. Elaboración de un programa de saneamiento del embalse.
3. Establecimiento de un área protegida en la parte alta de la cuenca del río Turbio.
4. Construcción de colectores industriales y una planta de tratamiento de las aguas residuales de León y San Francisco del Rincón.
5. Creación del Parque Industrial Ecológico de León (PIEL) (donde se reubican 120 curtidurías) y colocación de otra planta de tratamiento que permita reutilizar las aguas industriales y que se recupere casi todo el cromo elemental.
6. Abrir la posibilidad de que la presa adquiera funciones recreativas y turísticas (CEC, 1996).

Cuatro años después de la mortandad masiva de peces y aves se logró la rehabilitación de la Presa de Silva, manifiesta en el mejoramiento de la calidad de sus aguas con fines agrícolas de la zona. Así, el embalse ha recuperado su condición de cuerpo sano, que ofrece refugio y alimento a la biota acuática, mostrando la aplicación práctica del desarrollo sustentable (CEC, 1996). En 1999, cinco años después de haberse suscitado el problema ambiental, arribaron a la Presa de Silva 12 000 patos (*El Universal*, 2006) y se han reintroducido especies exóticas cultivadas, como carpas y tilapias.

Actualmente la cuenca del río Turbio, incluyendo la Presa de Silva y otros dos embalses cercanos (El Coyote y San Antonio), donde también se han presentado eventos como el antes descrito, son reconocidos por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) como la Región Hidrológica Prioritaria No. 59: Presas Río Turbio (Arriaga-Cabrera *et al.*, 2000).

Conclusiones

Este proyecto ilustra claramente lo que significa la gestión ambiental, a través de la estructuración de una red de usuarios del suelo, científicos nacionales y extranjeros, autoridades en los niveles locales, estatales y federales, quienes pudieron plantear objetivos comunes y trabajar en equipo para responder y revertir un desastre ambiental de importancia internacional.

Sin embargo, no se puede dejar de señalar que el seguimiento del proyecto a partir de los inicios del presente milenio se ha visto en varios momentos frenado por la falta de interés de distintas autoridades, además de que, eventualmente, se han detectado mortandades de aves y, probablemente, de otros componentes de la biota acuática –como los peces–, no tan graves como la de 1994-1995.

Literatura citada

Arriaga-Cabrera L., V. Aguilar Sierra y J. Alcocer Durand. 2000. *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

CEC (Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte). 1996. Acuerdo de coperación ambiental de América del Norte. Resolución de Consejo 96-03, Recomendación del Consejo para acciones y compromisos regionales de seguimiento en relación con la mortandad de aves ocurrida en la Presa de Silva durante 1994-1995. Toronto.

El Universal. 2006. *http://www.eluniversal.com.mx/primera/26470.html*, última consulta 26 noviembre de 2009.

POGEG *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato*. 1997. Año LXXXIV, tomo CXXXV, núm. 96.

———. 1998. Año LXXXV, tomo CXXXVI, núm. 93.

ANFIBIOS Y REPTILES

Víctor Hugo Reynoso | Adriana González Hernández | Marina Sánchez Luna

Introducción

Guanajuato es un estado privilegiado en cuanto al estudio de los anfibios y los reptiles, ya que aquí vivió el doctor Alfredo Dugès, padre de la herpetología mexicana. Fue él quien realizó el primer listado para el estado (Dugès, 1887) y para la República Mexicana en general (Dugès, 1869). El trabajo de este investigador ha rendido muchos frutos, pues varias especies que colectaba en las inmediaciones del estado se convirtieron en nuevas especies para México. Su interés por los reptiles y su colaboración constante con investigadores de la talla de Edward Drinker Cope y Marie-Firmin Bocourt, le dieron gran fama en su momento, a tal grado que varias especies le fueron dedicadas. De las especies y subespecies válidas dedicadas a Dugès y que se encuentran distribuidas en el estado están *Plestiodon dugesii, Sceloporus dugesii, Diadophis punctatus dugesii y Rena humilis dugesii.* Él mismo aportó la descripción de varias especies presentes en Guanajuato: *Ambystoma velasci* (figura 1), *Craugastor augusti, Adelophis copei, Hypsiglena jani y Sonora michoacanensis*, así como la descripción de numerosas especies cuyas ilustraciones originales ahora se encuentran perdidas.

Desgraciadamente, Dugès no dejó una escuela de estudiosos de los anfibios y reptiles en Guanajuato y a su muerte la investigación al respecto cesó en el estado. En 1885, Günther en su *Biología Centrali Americana* puso orden a la clasificación de los anfibios y reptiles descritos



Figura 1. *Ambystoma velasci* adulto (fotografía de Raúl Hernández Árciga, tomada en las pozas de la ex Hacienda Minera Cinco Señores, en Mineral de Pozos, Guanajuato).

Reynoso, V. H., A. González y M. Sánchez-Luna. 2012. “Anfibios y reptiles” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 220-226.

por Dugès, de la cual gran parte perdura hasta nuestros días. En ese estudio se ignoraron algunos reportes de Dugès, pero no fue hasta los trabajos de Smith y Taylor (1948, 1950 y 1966) y más adelante por Smith y Smith (1976) que se consolidó el listado de anfibios y reptiles de Guanajuato. Sin embargo el número de especies no se habían incrementado significativamente desde esas fechas sino hasta estudios recientes realizados por Campos-Rodríguez *et al.* (2004*a, b*; 2009), Uriarte-Garzón y Lozoya-Gloria (2009) y Sánchez-Luna *et al.* (2009*a, b*).

Descripción del grupo

Los anfibios y reptiles son grupos biológicos de vertebrados tetrápodos que habitan en todo el mundo. Los anfibios se dividen en salamandras, ranas y cecilias (este último es un grupo de especies muy extraño, de forma alargada y sin patas, poco abundante, y presente sólo en las partes tropicales de la República). Las ranas y salamandras se caracterizan por tener un sistema de vida dual en el que las larvas son típicamente acuáticas y los adultos terrestres. A las ranas juveniles se les llama renacuajos y su estructura es similar a la de un pez en donde la cola está bien desarrollada y posee una función propulsora; después de sufrir metamorfosis las ranas adquieren apéndices para caminar y pierden la cola y las branquias. El proceso de metamorfosis en las salamandras es similar pero éstas adquieren patas desde fases tempranas de su desarrollo y conservan la cola en adultos.

Los anfibios tienen la piel desnuda y respiran a través de ella, además de usar sus pulmones cuando los presentan. La mayoría ponen huevos para reproducirse y son muy dependientes de la humedad para sobrevivir. Los reptiles, por el contrario, son organismos adaptados plenamente para la vida terrestre: desarrollaron un huevo con cáscara que les permite a los embriones sobrevivir sin necesidad de agua en abundancia y su cuerpo está cubierto de escamas que los protege de la desecación. Algunos reptiles han desarrollado un sistema reproductivo vivíparo y otros son partenogenéticos, es decir, no requieren al macho para su reproducción. Dentro del grupo de los reptiles se incluyen principalmente las tortugas, las lagartijas y las serpientes. Las tortugas se caracterizan por tener un caparazón en el cual pueden resguardar sus apéndices, su cabeza y su cola en caso de necesitar refugio. A pesar de sus grandes diferencias, las lagartijas y las serpientes pertenecen al mismo grupo biológico. Contrario a la mayoría de las lagartijas, las serpientes han perdido sus patas por completo y se desplazan con movimientos del cuerpo. Algunas serpientes comunes en el estado de Guanajuato han desarrollado sistemas de inyección de veneno muy eficientes para la cacería y defensa, lo que las convierte en seres no deseados.

Diversidad de anfibios y reptiles

En el estado se distribuyen con certeza 102 especies de anfibios y reptiles, de los cuales 25 son anfibios y 77 reptiles (apéndice 1), pero este número puede variar dependiendo de los criterios de asignación de las sinonimias de las especies. De los anfibios se han reportado tres especies de salamandras de dos familias y dos géneros y 22 ranas y sapos de siete familias y 11 géneros. Entre los reptiles se han reportado 23 especies de lagartijas (con siete familias y 12 géneros), 50 de serpientes (con ocho familias y 28 géneros) y tres de tortugas (con dos familias y dos géneros). Las familias más diversas en anfibios son la familia Bufonidae (sapos) con siete especies, y entre los reptiles la familia Colubridae (serpientes) con 24 especies y la familia Phrynosomatidae (lagartijas) con 11 especies. Comparando con la diversidad nacional, que es aproximadamente de 358 especies de anfibios y 814 de reptiles (Flores-Villela y Canseco-Márquez 2004), la entidad resguarda en su territorio 6.9% de las especies de anfibios y 9.4% de las especies de reptiles, dándole al estado el lugar número 29 en la diversidad de estos grupos. Guanajuato cuenta con 54 especies endémicas para México, que representan 52.9% del total de las especies registradas en el estado, pero de éstas solamente dos son microendémicas que se comparten con Querétaro y Michoacán, respectivamente. Del total de las especies, 25 tienen relación Neártica, seis Neártica y Mesoamericana, cinco exclusivamente Mesoamericana, tres Meso-Sudamericana y tres intercontinental.

Se han reportado otras especies para Guanajuato, sin embargo, muchas de ellas caen fuera de los límites actuales válidos considerados para cada una de las especies. La determinación correcta de la presencia de estas especies debe hacerse revisando los ejemplares originales, muchos de los cuales están perdidos o se encuentran en colecciones del extranjero.

Las especies *Gastrophryne usta, Urosaurus bicarinatus* y *Crotalus basiliscus* reportadas por Dugès (1869, 1887, 1895, 1924), Günther (1885) y posteriormente por Smith y Taylor (1948, 1966) y Smith y Smith (1976) podrían ser registros históricos para el estado ya que no se han vuelto a reportar. Asimismo, las especies *Leptodactylus melanonotus, Laemanctus serratus, Rhadinaea laureata y Storeria hidalgoensis* (Smith y Smith, 1976) podrían estar presentes en el estado ya que sus distribuciones naturales se aproximan al mismo. Sin embargo, no se han encontrado registros sólidos al respecto. Del mismo modo, se encontraron 18 registros de especies cuya distribución es imposible en la entidad.

Distribución

Los reportes previos a la década de los ochenta del siglo XX no eran muy precisos al nombrar las localidades de colecta de cada ejemplar y no fue sino hasta la aparición del trabajo de Mendoza-Quijano *et al.* (2001) cuando surgieron los primeros listados faunísticos regionales. Ellos reportan para la Sierra de Santa Rosa 32 especies ahora válidas, 11 anfibios y 21 reptiles, la mayoría en bosques de encino. En el Área de Restauración Ecológica (ANP) laguna de Yuriria y su zona de influencia, dominada por vegetación de matorral subtropical, selva baja caducifolia y ambiente acuático (Ramsar, 2004; *POGEG*, 2005; Sánchez-Luna y Reynoso, 2012) se han reportado 26 especies válidas, cinco de ellas no determinadas a nivel específico (Ramsar, 2004). De estas, nueve son anfibios y 17 reptiles. La Sierra Gorda que resguarda un gradiente de matorral xerófilo, encinares, bosque de pino y selva baja caducifolia ha sido ampliamente estudiada en época reciente. Canseco-Márquez *et al.* (2004), Campos-Rodríguez *et al.* (2004*a, b*; 2009*a, b*) y la Semarnat (2005) han reportado la presencia de 39 especies válidas, de las cuales 12 son anfibios y 27 reptiles.

Otras áreas estudiadas con menor esfuerzo son el ANP cerro de Amoles (*POGEG*, 2006; Sánchez-Luna y Reynoso, 2012) que en conjunto reportan un total de 18 especies (dos anfibios y 16 reptiles); ANP cerro de Arandas (Uriarte-Garzón y Lozoya-Gloria, 2009) con 24 especies (seis anfibios y 18 reptiles); el Parque Ecológico, lago cráter La Joya (Sánchez-Luna y Reynoso, 2012) con nueve especies (tres anfibios y seis reptiles); el ANP cerros El Culiacán y La Gavia, Guanajuato (Arenas-Monroy, 2012) con 22 especies (cinco anfibios y 17 reptiles). Otros trabajos llevados a cabo en zonas no protegidas son el predio Palo Huérfano, municipio de Allende (Carmona-Torres y Escudero-Hernández, 2012) donde reportan ocho especies (tres anfibios y cinco reptiles), y el trabajo realizado por Berlín-Diosdado *et al.* (2012) en el río Lerma, tramo Las Adjuntas–El Tajo, Salamanca, quienes informan sobre 17 especies (cinco anfibios y 12 reptiles). Varios documentos aquí citados forman parte de estudios de caso que comprenden este capítulo.

Guanajuato es uno de los estados de la República Mexicana menos estudiados en cuanto a anfibios y reptiles se refiere. A pesar de que su sistema de ANP está distribuido plenamente dentro de la entidad, los esfuerzos de estudios herpetofaunísticos se han enfocado a una reserva de la biosfera (Sierra Gorda), un parque ecológico (lago-cráter La Joya), un área de restauración ecológica (laguna de Yuriria y su zona de influencia) y tres áreas de uso sustentable (cerros El Culiacán y La Gavia, cerro de los Amoles, cerro de Arandas); esto es, sólo seis ANP de 22 establecidas, lo que representa únicamente 27% del total. Es imperante acelerar los estudios en otras zonas, sobre todo en aquellas en las que se requieren planes de manejo inmediato porque serán sujetas a uso.

Importancia de los anfibios y reptiles

Los anfibios y reptiles juegan un papel muy importante en la cadena trófica (Pianka, 1975); las especies más abundantes pueden ser útiles como comida para otros animales del ecosistema (Zug *et al.*, 2001; Vallan, 2000). También son

consumidores secundarios y podrían jugar un papel importante en el control de plagas de insectos y roedores.

Tanto anfibios como reptiles son especies indicadoras de cambios macro y microclimáticos ya que son animales muy susceptibles a los cambios ambientales. Debido a su piel desnuda y permeable, los anfibios reciben los impactos del ambiente directamente; son dependientes de la humedad para su supervivencia y tienen un ciclo de vida complejo en el que pasan de una larva acuática a un adulto terrestre que los hace vulnerables a los cambios ambientales en ambos sistemas. Los reptiles, por el contrario, dependen más de la temperatura, por lo que un cambio en ésta puede afectar los patrones de distribución de las especies. Por otro lado, los huevos de los reptiles son abandonados después de ser depositados y su eclosión depende del ambiente donde son puestos, por lo que los cambios globales en la temperatura pueden afectar su tasa de eclosión significativamente; este efecto es mayor en reptiles cuyas proporciones de sexo dependen de la temperatura, como, por ejemplo, las tortugas.

Los anfibios y reptiles están sufriendo una declinación mundial debido a la destrucción del hábitat principalmente. Se han descubierto efectos del cambio climático global sobre todo en la declinación de las poblaciones de anfibios, el que ha influido sobre la dispersión de enfermedades emergentes con resultados catastróficos en las poblaciones naturales (Lips *et al*., 2005).

Los anfibios y reptiles han sido utilizados tradicionalmente por las culturas prehispánicas sobre todo para alimento. Las ranas (por ejemplo, *Lithobates montezumae* y *L. megapoda*) al igual que los ajolotes (*Ambystoma velasc*i), son aún consumidos en la actualidad debido a su exquisitez. El gusto de la gente por las ranas ha llevado a que empresarios irresponsables introduzcan especies exóticas que causan daño a las poblaciones de diversos grupos biológicos locales (Quintero-Díaz *et al*., 2012); sin embargo, no hay estudios en Guanajuato que midan tal efecto. Los reptiles, por su parte, son utilizados como mascotas (e.g. las serpientes *Boa constrictor y Pituophis deppei*) o bien en la industria peletera muy desarrollada en el estado. Las serpientes en general, pero más las serpientes de cascabel, son sujetas a muerte cotidianamente por su peligrosidad y para ser vendidas como piel en el mercado ilegal, lo que ha ocasionado su disminución en el estado (Reynoso *et al*., 2012).

En este sentido, se requiere la implementación de medidas de protección de estas especies para evitar su venta ilegal y concientizar a la población sobre la importancia de su conservación. En otro aspecto, es importante señalar que estas serpientes son útiles sobre todo en el control de plagas de roedores en zonas de cultivo. Uriarte-Garzón (2012), presenta una lista de usos y mitos de las serpientes de cascabel en el medio rural en el cerro de Arandas.

Situación y estado de conservación

De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, el estado resguarda 18 especies amenazadas y 30 en protección especial, resultando un total de 47% del total de las especies. Existen seis especies exóticas en la entidad, aparentemente de reciente introducción. Quintero-Díaz *et al.* (2012) mencionan cinco de ellas y su problemática. Aunado a ello, recientemente fue reportada la presencia de un ejemplar del sapo gigante *Rhinella marina* (figura 2) en Sierra Gorda (Campos-Rodríguez *et al*., 2009), una de las especies invasivas más dañinas que existen.

El desconocimiento que se tiene de la biología y distribución de las especies ha llevado a instancias de gobierno a implementar estrategias de



Figura 2. *Rhinella marina* adulto (Río Manzanares, el Tepehuaje, Victoria. Fotografía de Raúl Hernández Árciga).

introducción de especies exóticas nocivas. El Plan de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Guanajuato (POEG, 1999) menciona literalmente que "se promoverá la repoblación de cuerpos de agua con especies de fauna nativa: charal, carpa, rana toro, etc." (artículo 10º, inciso IV). Tanto la carpa como la rana toro son exóticas a los sistemas acuáticos locales y la introducción de nuevos organismos para "repoblar" es una estrategia ecológicamente errónea. Se sugiere revisar el artículo 10 de dicho Plan, considerando especies nativas (e.g. *Lithobates megapoda*) para los planes de desarrollo regionales rurales y medidas de extirpación de las especies exóticas introducidas hasta ahora.

Acciones de conservación

Al igual que los estudios de diversidad en el estado, los programas de conservación de anfibios y reptiles son muy escasos. La mayoría de los estudios se enfocan a establecer listados de vertebrados, incluyendo anfibios y reptiles en diferentes lugares, particularmente ANP. No se tiene conocimiento de estudios precisos sobre la biología de las especies que lo habitan y mucho menos los efectos de la degradación, fragmentación y destrucción del hábitat sobre ellos. El único proyecto registrado que involucra estudios biológicos es el de Reynoso (2008) que pretende conocer la biología de las serpientes de cascabel para implementar medidas de conservación (véase también Reynoso *et al*., 2012). Se considera importante establecer al corto plazo tres programas: *a*) estudios sobre los efectos de la defaunación en zonas utilizadas por el ser humano (incluyendo serpientes de cascabel); *b*) estudios sobre los efectos de las poblaciones de especies introducidas en las poblaciones locales; *c*) estudios sobre los efectos de la pérdida de hábitat en anfibios y reptiles, y *d*) estudios demográficos particulares y de viabilidad poblacional en las especies usadas por los humanos.

Conclusiones

A pesar de que el estado no es de los de mayor diversidad en el mundo, su geografía y fisiografía, que va desde el desértico Altiplano hasta zonas boscosas de la Sierra Gorda, guarda un ensamble de especies particular que merece atención. Se encuentra en la transición faunística entre la región norte del Altiplano y el Eje Transversal Neovolcánico, con faunas particulares. El conocimiento de esta diversidad, sin embargo, es aún incipiente y no existen trabajos específicos sobre la biología de las especies locales. Las investigaciones hasta este momento se restringen a listados faunísticos de regiones particulares o nuevos registros.

Guanajuato, es a su vez uno de los estados más deteriorados ambientalmente debido a la tala inmoderada de los encinares realizada en la época de apogeo de la minería y al desarrollo agrícola y ganadero. Debido a su dependencia del hábitat, la herpetofauna requiere ser protegida. La generación reciente de diversas ANP cumple en gran medida esta función, pero aún no sabemos qué porcentaje de las especies de anfibios y reptiles, sobre todo las especies en alguna categoría de riesgo, están comprendidas en estas áreas. Varias ANP del estado cuentan con listados y planes de manejo publicados, pero la mayoría carece hasta ahora de estos estudios e incluso carece de los listados de especies correspondientes. Se propone que los planes de manejo sean revisados por expertos, ya que existen contradicciones como las encontradas en el Plan de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Guanajuato donde se confunde la fauna exótica con la nativa.

Para un conocimiento íntegro de los anfibios y reptiles de la entidad se recomienda continuar con los listados de especies en áreas naturales faltantes, así como en zonas que se reconozcan como prioritarias para la conservación. Aunado a esto es importante no dejar a un lado estudios ecológicos de estructura de comunidad en sitios relativamente bien conservados ya que servirán para ver las condiciones originales antes de la perturbación. También es importante medir los efectos de la defaunación de las especies introducidas, y de la degradación, fragmentación y destrucción de hábitat en los ecosistemas, así como conocer la viabilidad de las poblaciones de especies que se encuentran en uso, como la serpiente de cascabel.

Literatura citada

Arenas-Monroy, J.C. 2012. "Avances en el conocimiento de la herpetofauna del Área Natural Protegida cerros El Culiacán y La Gavia, Guanajuato.", en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).

Berlín-Diosdado, J.A., L.A. López-Carreón y G.E. Quintero Díaz. 2010. *Herpetofauna del río Lerma; tramo Las Adjuntas-El Tajo, Salamanca, Guanajuato*, en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de estado*. México. Conabio/IEE

Campos-Rodríguez, J.I., L. Chambert, M. del Carmen Díaz *et al*. 2004*a*. "Geographic Distribution: *Leptodeira septentrionalis septentrionalis*", *Herpetological Review* **35**: 292-293.

———. 2004*b*. "Geographic Distribution: *Lepidophyma occulor*". *Herpetological Review* **35**: 288-289.

———. C. Elizalde-Arellano, J.C. López-Vidal *et al*. 2009*a*. "Nuevos registros de anfibios y reptiles para Guanajuato, procedentes de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato y zonas adyacentes", *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) **25**: 269-282.

———. B. Pérez-Valera, L. Evaristo-Aguilar *et al*. 2009*b*. "Extensiones de distribución de reptiles para el estado de Guanajuato", *Vertebrata Mexicana* **22**: 13-16.

Canseco-Márquez, L., F. Mendoza-Quijano y G. Mayén. 2004. Análisis de la Distribución de la Herpetofauna, en I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.), *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. México, Las Prensas de Ciencias, pp. 417-437.

Carmona-Torres, F.H y A.G. Escudero-Hernández. 2012. "Anfibios y reptiles en el predio 'Palo Huérfano', municipio de Allende, Guanajuato", en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México, Conabio/IEE.

Dugès, A.A. 1869. "Catálogo de animales vertebrados observados en la República Mexicana", *Naturaleza* **2**: 479-485.

———. 1887. *Fauna y flora del estado de Guanajuato*. Geografía y Estadística del Estado de Guanajuato. Dirección General de Estadística de la República Mexicana, Secretaría de Fomento, Guanajuato.

———. 1895. Faunas del estado de Guanajuato, en "Flora y Fauna del Estado de Guanajuato" Aport. Sect. 8, *Agricultura y Comercio* **10**: 1-37

———. 1924. "Faunas del estado de Guanajuato", en *Flora y fauna del estado de Guanajuato*. Guanajuato, impresos de la Dirección General de Educación Pública, pp. 6-16.

Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) **20**: 115-144.

Günther, A. 1885. Reptilia and Batrachia. *Biologia Centrali Americana*. Londres, R.H. Porter (ed.).

Mendoza-Quijano, F., A.S.M. Mejenes L., V H. Reynoso-Rosales *et al*. 2001. "Anfibios y reptiles de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato: cien años después". *Anales del Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Serie Zoología **72**: 233-243.

POGEG *(Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato)*. 1999. Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Guanajuato. Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), 9 de abril de 1999.

———. 2005. Resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida en la categoría de Área de Restauración Ecológica "Laguna de Yuriria y su zona de Influencia". IEE, año XCII, tomo, CXLIII, número 188.

———. 2006. Resumen del Programa de Manejo de Áreas Naturales Protegidas en la categoría de área de uso sustentable Cerro Los Amoles ubicado entre los municipios de Yuriria y Moroleón. IEE, año XCIII, tomo CXLIV, número 136.

Quintero-Díaz, G.E., J.A. Berlín-Diosdado y L.A. López-Carreón. 2012. "Anfibios y reptiles exóticos en Guanajuato", en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Conabio/IEE.

Ramsar. 2004. Ficha informativa de los humedales Ramsar. Laguna de Yuriria, Guanajuato, México.

Reynoso, V.H. 2008. *"Estudio de los patrones básicos de la biología de la serpiente de Cascabel (Crotalus) para la optimización de su reproducción y desarrollo en cautiverio, con miras a su explotación sustentable para fines peleteros"*. Informe final. Concyteg (Convenio 04-07-A-052).

———, Hernández-Quintana y G.E. Magaña-Cota. 2012. "El Centro de Rescate y Reproducción de Serpientes de Cascabel", en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Conabio/IEE.

Sánchez-Luna, M., A.J. González-Hernández, E. Cabrera-Guzmán *et al*. 2009*a*. "*Leptophis diplotropis diplotropis* Geographic Distribution". *Herpetological Review* **40**: 456.

Sánchez-Luna, M., A.J. González-Hernández, E. Cabrera-Guzmán *et al.* 2009*b*. "*Anolis nebulosus* Geographic Distribution", *Herpetological Review* **40**: 450.

——— y V.H. Reynoso. 2012. *Herpetofauna del Área de Uso Sustentable Cerro Amoles, del Parque Ecológico Lago Cráter La Joya y del Área de Restauración Ecológica Lago Yuriria y su zona de influencia, en Guanajuato.* en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Conabio/IEE.

Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2005. *Estudio previo justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida. Reserva de la Biosfera "Sierra Gorda de Guanajuato"*. Guanajuato, Semarnat/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp)/IEE.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de diciembre de 2010

Smith, H.M. y E.H. Taylor. 1948. "An annotated checklist and key to the Amphibia of Mexico", *Bulletin of the United States National Museum* **194**: 1-118.

——— y E. H. Taylor. 1950. "An annotated checklist and key to the Amphibia of Mexico", *Bulletin of the United States National Museum*, **199**: 253.

——— y E.H. Taylor. 1966. *Herpetology of Mexico; annotated checklists and keys to the amphibians and reptiles*. Maryland, Erick Lundberg.

——— y R.B. Smith. 1976. *Synopsis of the herpetofauna of Mexico*, vol. III (Source analysis and index for mexican reptiles). EUA, John Johnson, North Bennington.

Uriarte-Garzón P. y E. Lozoya-Gloria. 2009. *Manual del inventario de la fauna del Área Natural Protegida "Cerro de Arandas", Irapuato, Guanajuato*. Parque Ecológico de Irapuato, A.C.

———. 2012. "El conocimiento etnoherpetológico dentro de las comunidades del Área Natural Protegida 'Cerro de Arandas', Irapuato, Guanajuato.", en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Conabio/IEE.

Vallan, D. 2000. "Influence of forest fragmentation on amphibian diversity in the nature reserve of Ambohitantely, highland Madagascar", *Biological Conservation*, **96**: 31-43.

Zug, G.R., L.J. Vitt y J.P. Caldwell. 2001. *Herpetology: an introductory biology of amphibian and reptiles*. San Diego, Academic Press.

ETNOHERPETOLOGÍA EN LA SIERRA GORDA DE GUANAJUATO

Raúl Hernández Arciga

Introducción

La Sierra Gorda de Guanajuato es considerada como la región noreste del estado comprendida por los municipios de Atarjea, Doctor Mora, San José Iturbide, San Luis de la Paz, Santa Catarina, Tierra Blanca, Victoria y Xichú. El nombre de Sierra Gorda, fue atribuido en la época colonial, al parecer debido a la riqueza y amplitud de sus recursos naturales y, en efecto, en una extensión de territorio relativamente pequeña; existe una variación altitudinal de los 3 280 a los 650 msnm, con tipos de vegetación que van del bosque de oyamel a la selva baja caducifolia, pasando por bosques de pinos y encinos, bosques de galería (figura 1), matorrales xerófilos y bosques submontanos (Conanp-iee, 2005).

El conocimiento popular acerca de los anfibios y reptiles en esta región es en la mayoría de los casos resultado de una interpretación muy particular de la anatomía, conducta y hábitos de este grupo de vertebrados, así como de la interacción y mezcla de conocimientos prehispánicos chichimecas y otomíes con la cultura occidental hispana. Esta última malinterpretó el conocimiento y respeto indígena por la naturaleza confundiéndolo con idolatría que debía ser rechazada y perseguida. Como resultado surgieron creencias, mitos, leyendas y tradiciones que repercuten profundamente en la interacción y uso de los anfibios y reptiles (Hernández Arciga, 2010).

Una cantidad importante de estos animales son explotados y utilizados como alimento, en ritos mágico-religiosos y en la medicina tradicional, atribuyéndoles fantásticas cualidades



Figura 1. *Bosque de Galería*, Comunidad de Tres Pasos, Victoria, Gto. (fotografía de Raúl Hernández Arciga).

Hernández-Arciga, R. 2012. "Etnoherpetología en la Sierra Gorda de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 227-231.

curativas; algunos son también eliminados por considerarlos peligrosos. En el presente trabajo se describen brevemente algunas de las creencias más arraigadas en la Sierra Gorda de Guanajuato respecto a los anfibios y reptiles.

Anfibios

Existe la creencia que el ajolote (*Ambystoma velasci*) es capaz de penetrar al cuerpo de hombres y mujeres cuando se bañan desnudos en algún estanque y que a partir de este hecho la mujer puede quedar embarazada. Además, se cree que el gel blanco y lechoso que segrega por la piel es muy venenoso al tacto. Ambas afirmaciones son falsas. La secreción cutánea de la salamandra le sirve como protección y conservación de la humedad.

Por otro lado, con respecto a la medicina tradicional, se consume popularmente en jarabe que, se dice, está elaborado con extracto de ajolote y sirve como remedio eficaz para problemas respiratorios (Pough *et al*., 2001).

Con referencia a los anuros, generalmente son llamados sapos aquellos que no son verdes y se les atribuye la capacidad de ser venenosos, de producir verrugas y de explotar cuando son molestados. Sin embargo, se les reconoce como controladores de poblaciones de insectos y arácnidos, por lo que no son particularmente perseguidos.

Reptiles

En general, los reptiles son poco comprendidos y muy temidos por la población. Existen muy variadas creencias relacionadas principalmente con las serpientes, lo que ha provocado una grave presión sistemática sobre las poblaciones de este grupo en particular, que pone en riesgo su supervivencia.

Existe una creencia muy arraigada en algunas localidades de que las tortugas del género *Kinosternon*, llamadas popularmente tortugas de casquito, muerden con tenacidad y que no sueltan a la victima hasta que rebuzne un burro. También se les atribuye la extinción de peces en las presas y ríos de la región, por lo que se les persigue y elimina, o bien, se les busca para venderlas como mascotas en algunos establecimientos de San Luis de la Paz y San José Iturbide.

A las lagartijas en general no se les considera peligrosas, exceptuando los llamados escorpiones (*Barisia ciliaris y Gerrhonotus liocephalus*) (figura 2). Estos reptiles inspiran temor por su aspecto feroz y tamaño, así como por la forma de su cabeza que recuerda vagamente la de la cabeza de las serpientes de cascabel. Por ello son llamados "madre de las víboras". La creencia de que su piel es muy venenosa al tacto, que son capaces de saltar y que incluso su sombra puede producir quemaduras y la muerte, ha provocado que estos reptiles sean perseguidos y aniquilados. En realidad, aunque su mordedura es fuerte y dolorosa, no son venenosos y no representan ningún riesgo para el ser humano.

Otra lagartija considerada peligrosa es el camaleón cornudo (*Phrynosoma orbiculare*), pues se cree que la sangre que expulsa por los ojos cuando se siente amenazado es venenosa y que al ser atacado por serpientes envenena a estos animales librándose así de la muerte (Ramírez-Bautista *et al*., 2009)

Respecto a los ofidios, la creencia más generalizada es, sin duda, considerar a todas las serpientes como venenosas, lo que es completamente falso. Las únicas serpientes venenosas de la región que pueden ser un potencial peligro para la salud humana son las víboras de cascabel (varias especies de *Crotalus*) (figura 3) y el coralillo (*Micrurus tener*).



Figura 2. Individuo de *Gerrhonotus liocephalus* juvenil (ejemplar fotografiado en los cultivos adyacentes a la comunidad de San Isidro, San Luis de la Paz, Gto. por Raúl Hernández Arciga).

En medicina tradicional es muy común el uso de las serpientes de cascabel. La carne seca y molida es reconocida como un remedio eficaz para curar el cáncer, el acné y la impotencia sexual. Aun cuando no existen estudios científicos que comprueben su eficiencia, estos usos son muy populares y es muy común que en las comunidades se vendan "bajo encargo" serpientes de cascabel secas para su consumo. Otro mito popular consiste en que las víboras de cascabel se quitan las bolsas del veneno cuando van a beber agua, para evitar autoenvenenarse. Al parecer, el origen de esta creencia reside en la observación de la coincidente expulsión de una especie de gusano parásito por la boca de la serpiente con el consumo de agua. Por otro lado, se afirma que las víboras de cascabel son tan rápidas que cuando se les dispara captan el calor emitido por el proyectil y "buscan" la bala, provocando su muerte.

Es común creer que se puede conocer la edad de las víboras de cascabel contando el número de segmentos del cascabel de la cola. Esto es también incorrecto ya que cada segmento al cascabel se agrega en cada muda de piel, suceso que puede ocurrir varias veces al año según la disponibilidad de alimento (Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz, 2005). Además, dichos segmentos en el cascabel son muy frágiles y se pierden frecuentemente por diferentes circunstancias. También se cree que poseer y cargar un cascabel de serpiente otorga buena suerte y fortuna amorosa. Una variación interesante de este mito afirma que si se captura con las manos una serpiente de cascabel y se le quita el cascabel respetándole la vida, se ganará el favor del diablo provocando con ello fortuna y buena suerte de por vida y protección contra los enemigos.

Respecto a los coralillos se cree que son capaces de envenenar por la cola. Esta es sin duda una interpretación incorrecta de los movimientos de la cola que hacen estas serpientes cuando buscan intimidar a su agresor meneándola bruscamente y mostrando su coloración. Frecuentemente alzan su cola y la aplanan mientras que la cabeza permanece pegada el piso buscando el momento justo para defenderse.

Popularmente se cree que cualquier serpiente con anillos y colores brillantes es un coralillo, afectando con esto a varias culebras inofensivas que son consideradas venenosas, por lo que se les mata. Entre estas serpientes están *Diadophis punctatus*, *Tropidodipsas sartori*, *Trimorphodon tau*, *Leptodeira septemtrionalis*, *Leptodeira anulata*, *Lampropeltis triangulum* y *Lampropeltis mexicana*.

Algunas serpientes inofensivas son consideradas venenosas, tal es el caso de la culebra trompa de puerco (*Conopsis nasus*) y la regionalmente conocida como Navaca (*Boa constrictor*). Se afirman casos particulares de personas mordidas por dichas serpientes que necesitaron atención médica y cuyos síntomas coinciden con los provocados por envenenamiento por mordedura de serpiente de cascabel. Sin embargo, se considera que estos casos más bien podrían tratarse de una identificación equivocada de la serpiente agresora, ya que comparten el mismo hábitat con varias especies de serpientes de cascabel. Tam-



Figura 3. Individuo de *Crotalus scutulatus* macho adulto (ejemplar fotografiado en la sierra adyacente a la comunidad de La Cantera, San Luis de la Paz, Gto. por Raúl Hernández Arciga).

bién se cree que la boa despide un aroma pestilente capaz de marear, que produce un bramido similar al ganado vacuno y que puede crecer tanto que es capaz de alimentarse de seres humanos y de ganado vacuno adulto, lo cual es también erróneo.

En otros casos, la forma de algunas serpientes y sus conductas antidepredatorias han motivado mitos. Tal es el caso de la llamada víbora flecha (*Oxybelis aeneus*) (figura 4), que por su cabeza puntiaguda y cuerpo largo y delgado se le atribuye la capacidad de lanzarse contra las personas o el ganado desde los árboles y atravesar sus cuerpos. Esta creencia es absolutamente falsa.

Popularmente no se consideran tampoco venenosas a las llamadas chirrioneras (*Masticophis flagellum* y *M. schotti*), pero se les teme porque se cree que persiguen a la gente atacándola a chicotazos, causando graves lesiones, sin embargo, esto es falso ya que estas serpientes no cuentan con la estructura y fortaleza ósea de otros vertebrados (por ejemplo, los varanos e iguanas) que les permita defenderse por golpes de la cola. Esta creencia es tan antigua, que el nombre chichimeca para la *chirrionera es nasu tapej* que significa literalmente “serpiente que golpea”.

Un caso particular lo constituye el alicante (*Pituophis deppei*) al que se le atribuye la capacidad de alimentarse de leche bebiéndola directamente de las ubres de las vacas o robándola de mujeres lactantes, a las que previamente duermen o hipnotizan, en tanto que al bebé le dan la cola para que no llore, considerándose como prueba de ello que los bebés presenten manchas blancas en la boca, que en realidad es el hongo *Candida albicans* producido por algún padecimiento inmunodepresivo o en algunos casos por falta de higiene. Se cree también que los alicantes machos buscan enamorar a las mujeres, a las que les chiflan, persiguen e incluso pueden violar y ahorcar, y que haciéndolos enojar, son capaces de enrollarse en un árbol hasta explotar. Todo lo anterior es, por supuesto, completamente falso. El nombre mexica para el alicante era *cencoatl* y en algunas partes de México se usa una variación de dicho nombre como *cincuate* y que originalmente significó “serpiente del maíz”. Los mexicas reconocían la importancia de esta serpiente como controlador natural de las poblaciones de roedores, ya que los beneficiaba directamente aumentando la cosecha de granos alimenticios.

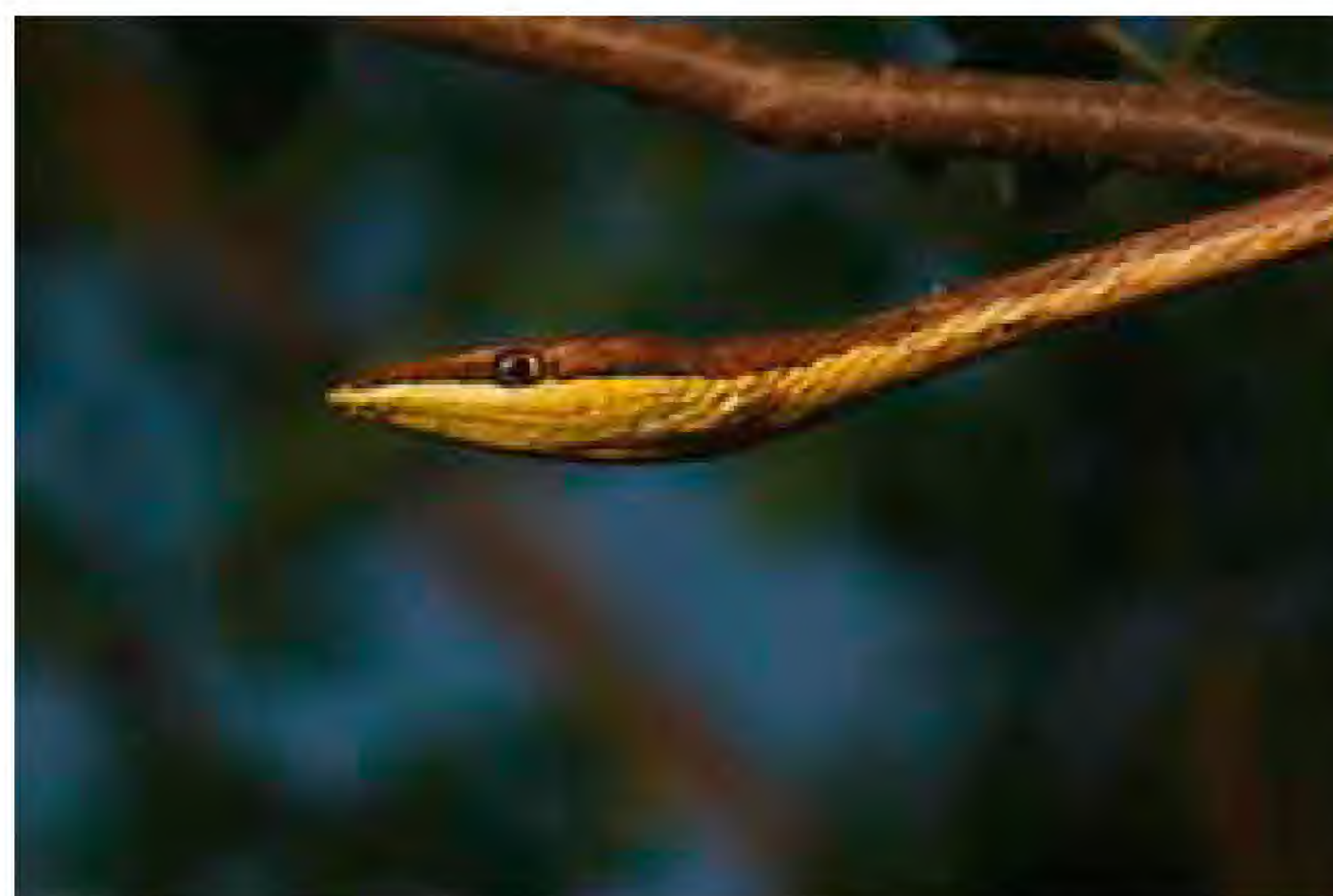


Figura 4. *Oxybelis aeneus* macho adulto (ejemplar fotografiado en una huerta en la comunidad de El Tepehuaje, Victoria, Gto. por Raúl Hernández Arciga).

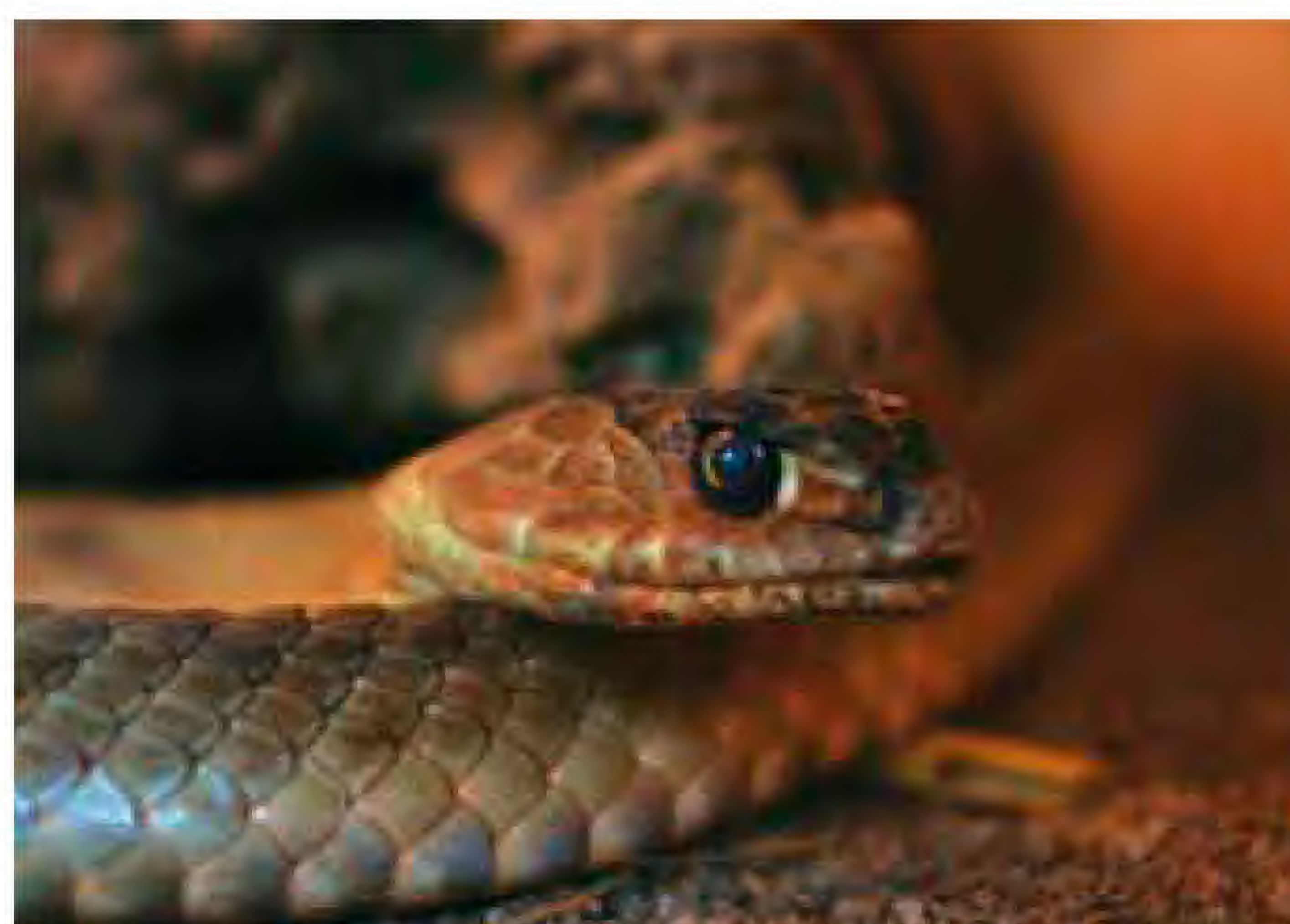


Figura 5. Individuo de *Coluber flagellum* adulto. Ejemplar colectado ilegalmente por pobladores y entregado a Protección Civil de San Luis de la Paz para su rehabilitación y liberación (fotografía de Raúl Hernández Arciga).

En particular, el mito de que algunas serpientes se alimentan de leche está muy extendido en toda América Latina variando la especie de serpiente según el país y la región. El doctor argentino Esteban Orlando Lavilla mencionó una anécdota al respecto al intentar explicar científicamente a un campesino, en una provincia de su país, que es imposible que las serpientes se alimenten de leche. Explicó que las serpientes no cuentan con labios musculosos y retráctiles ni con una lengua apropiada para hacer el movimiento mecánico necesario para amamantarse y

que tampoco poseen la enzima necesaria para nutrirse de la leche. Casualmente, en ese preciso momento, la serpiente que el doctor manipulaba defecó una excreta blanquecina y gelatinosa, como lo hacen todas las serpientes, tras lo cual el campesino exclamó: "doctor, usted podrá decirme lo que quiera, que es mentira que las serpientes tomen leche, pero yo puedo ver claramente la prueba en sus excrementos de que sí son capaces de hacerlo".

Conclusión

La relación del ser humano con los anfibios y reptiles está condicionada por miedos irracionales, mitos y creencias que, conjuntamente con la pérdida y deterioro del hábitat, afectan de manera grave a las poblaciones de estos grupos de vertebrados hasta su desaparición. La extinción de estos organismos va de la mano de la pérdida de importantes recursos económicos, científicos y ambientales.

Desde el año 2003, el autor de este capítulo, con apoyo de las presidencias municipales de la región, ha implementado exposiciones temporales de reptiles en las ferias patronales de cada cabecera municipal, durante las cuales se aprovecha la asistencia masiva para realizar una labor de educación ambiental y divulgación científica. De esta forma, mediante entrevistas libres se ha recopilado el saber popular acerca de los anfibios y reptiles, al tiempo que mediante folletos, trípticos, lonas digitales, exposiciones, conferencias y, en este último año, la enciclopedia multimedia de los ofidios de la Sierra Gorda, se ha logrado paulatinamente cambiar el parecer social hacia este grupo de vertebrados y con ello disminuir la presión antropogénica sobre sus poblaciones (figura 5).

Literatura citada

Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) e IEE (Instituto de Ecología de Guanajuato). 2005. *Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato*.

Hernández Arciga, R. 2010. *Herpetario de San Luis de la Paz, Guanajuato; Conocimiento tradicional de la herpetofauna de la Sierra Gorda de Guanajuato*, en Congreso "Culturas Americanas y su ambiente: perspectivas desde la zooarqueología, paleobotánica y etnobiología". Mérida, Universidad Autónoma de Yucatán.

Pough, F.H., R.M. Andrews, J.E. Candle *et al.* 2001. *Herpetology*. Nueva Jersey, EUA, Prentice Hall.

Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, U.O. García-Vázquez *et al.* 2009. *Herpetofauna del Valle de México: Diversidad y Conservación*. México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH)/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

Vázquez-Díaz J. y G.E. Quintero-Díaz. 2005. *Anfibios y reptiles de Aguascalientes*. México, Conabio/Centro de Investigaciones y Estudios Multidisciplinarios de Aguascalientes A. C. (CIEMA).

ESTUDIO DE CASO



HERPETOFAUNA DEL ÁREA DE USO SUSTENTABLE CERRO AMOLES, DEL PARQUE ECOLÓGICO LAGO CRÁTER LA JOYA Y DEL ÁREA DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA LAGUNA DE YURIRIA Y SU ZONA DE INFLUENCIA EN GUANAJUATO

Marina Sánchez Luna | Víctor Hugo Reynoso

Se realizó un inventario herpetofaunístico en los municipios de Yuriria y Moroleón, donde se encuentran decretadas tres Áreas Naturales Protegidas por el Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Guanajuato: Área de uso Sustentable, Cerro Amoles; Parque Ecológico, Lago Cráter La Joya y Área de Restauración Ecológica, Laguna de Yuriria y su zona de influencia.

Se realizaron cuatro salidas a campo durante los meses de septiembre del 2005, mayo y octubre del 2006 y octubre del 2007. Cada salida tuvo una duración de entre 10 y 15 días, en los cuales se realizaron búsquedas diurnas y nocturnas de anfibios y reptiles en diferentes ambientes y tipos de vegetación, con un muestreo total de 1 110 horas hombre. Se capturaron 120 individuos agrupados en 24 especies, de las cuales cinco fueron anfibios y 19 reptiles.

En el trabajo se determinó la presencia de *Anolis nebulosus* y *Leptophis diplotropis*, como nuevos registros para el estado. De las 25 especies colectadas, 13 (52%) están en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y se registraron ocho especies endémicas para México.

El sitio con más riqueza absoluta fue la laguna de Yuriria con 15 especies, seguido por cerro Amoles con 13 especies y lago Cráter con ocho especies. Se evaluó la riqueza, diversidad y dominancia de la comunidad de anfibios y reptiles de cada sitio mediante los índices de Margalef (D_{mg}), Shannon (H) y Berger-Parker (d), que describen a la comunidad en función de la abundancia de cada especie. La riqueza específica resultó más alta en la laguna Yuriria y su zona de influencia (D_{Mg}= 2.58), pero la diversidad estimada fue más alta en cerro Amoles (H = 2.08). Por su parte, la laguna de Yuriria y su zona de influencia presentó mayor dominancia de especies (d = 0.42), estimada debido a la abundancia de las especies *Sceloporus dugesii*, *Thamnophis melanogaster* y *Spea multiplicata*. El índice de similitud de Jaccard mostró que la laguna de Yuriria y lago Cráter son sitios más parecidos en su herpetofauna (Ij=0.41), mientras que el sitio más disímil fue cerro Amoles. La complementariedad de la composición de especies entre sitios indicaron que entre la laguna de Yuriria y cerro Amoles existe una gran diferencia de especies con un valor de C = 0.79, lo que indica que es importante preservar ambos sitios.

Los resultados muestran que existe una relación entre el grado de conservación de la vegetación con la riqueza de Margalef y diversidad de Shannon, obtenida para las comunidades de anfibios y reptiles. La zona con menor perturbación en su vegetación fue Cerro Amoles que además tiene la mayor diversidad de anfibios y reptiles; en orden le siguen la Laguna de Yuriria y su zona de influencia y finalmente lago cráter La Joya.

Es necesario el desarrollo y mejoramiento de un plan de manejo simultáneo en estas tres Áreas Naturales Protegidas, pues las comunidades de anfibios y reptiles son complementarias y requieren atención para su conservación.

Agradecimientos

El trabajo se realizó con apoyo de CONCYTEG (proyecto GTO-04-C02-85) “Inventario de la diversidad de mamíferos, anfibios y reptiles de cuatro Áreas Naturales Protegidas ubicadas al sur del estado de Guanajuato”.

Sánchez-Luna, M. y V. H. Reynoso. 2012. “Herpetofauna del Área de Uso Sustentable cerro Amoles, del Parque Ecológico Lago Cráter La Joya y del Área de Restauración Ecológica Laguna Yuriria y su zona de influencia en Guanajuato” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 232-233.

Cuadro 1. Anfibios y reptiles y su estatus de protección en la Norma Ecológica Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) en las tres Áreas Naturales Protegidas.

	Especies	Lago Cráter	Laguna Yuriria	Cerro Amoles	Estatus de conservación
	ANFIBIOS				
	Ranas				
1	*Craugastor augusti*		X		
2	*Hyla arenicolor*	X	X		
3	*Hyla eximia*	X	X	X	
4	*Lithobates megapoda*		X	X	E, Pr
5	*Spea multiplicata*	X	X		
	REPTILES				
	Lagartijas				
6	*Anolis nebulosus*		X		
7	*Aspidoscelis gularis*	X			
8	*Barisia imbricata*			X	E, Pr
9	*Sceloporus aeneus*			X	
10	*Sceloporus dugesii*	X	X	X	
11	*Sceloporus grammicus*			X	Pr
12	*Sceloporus torquatus*	X	X	X	
	Serpientes				
13	*Crotalus molossus*			X	Pr
14	*Crotalus polystictus*			X	E, Pr
15	*Drymarchon melanurus*		X		
16	*Lampropeltis triangulum*		X		A
17	*Leptophis diplotropis*		X		E, A
18	*Masticophis mentovarius*		X		E, A
19	*Salvadora bairdi*			X	E, Pr
20	*Thamnophis cyrtopsis*	X	X	X	A
21	*Thamnophis eques*		X		A
22	*Thamnophis melanogaster*	X	X		E, A
23	*Thamnophis scalaris*			X	E, A
	Tortugas				
24	*Kinosternon integrum*			X	E, Pr

Abreviaturas: A=Amenazada; E=Endémica; Pr=Sujeta a protección especial; X=Presente en el sitio.

Literatura citada

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de diciembre de 2010.

ESTUDIO DE CASO

AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DE LA HERPETOFAUNA DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA CERROS EL CULIACÁN Y LA GAVIA



José Carlos Arenas Monroy

El objetivo del presente estudio es conocer la diversidad y distribución de la herpetofauna del Área Natural Protegida Cerros el Culiacán y La Gavia. Es el primer estudio herpetofaunístico para el área, y su importancia radica en que permitirá disponer de un inventario para establecer estrategias de monitoreo, conservación y manejo de la herpetofauna en la zona.

El área de estudio pertenece a los municipios de Celaya, Cortazar, Jaral del Progreso y Salvatierra, en el sur del estado. Comprende una superficie poligonal de 326.61 km^2 cubierta de bosque de encino, bosque tropical caducifolio y vegetación secundaria de matorral xerófilo e izotal. Este último tipo de vegetación se caracteriza por el predominio de especies como la palma o yuca (*Yucca* spp.) y sólo se localiza en ciertas laderas del cerro La Gavia.

Se realizaron seis salidas al campo entre los meses de enero a octubre de 2009, colectando muestras en cada una durante el día, el crepúsculo y la noche. Los puntos de muestreo se repartieron de manera equitativa entre los tipos de vegetación. La herpetofauna del área de estudio está representada por 22 especies (cinco anfibios y 17 reptiles), 12 de las cuales (54.5%) son endémicas a México. Las especies no endémicas tienen afinidad neártica o neotropical. La distribución de las especies por altitud, tipos de vegetación y microhábitat se presentan en el cuadro 1. El tipo de vegetación que presentó la riqueza específica más alta fue el bosque tropical caducifolio, seguido por el bosque de encino. El microhábitat más explotado por la herpetofauna fue el terrestre y el menos explotado fue el arbóreo.

No se descarta la presencia de otras de especies en la zona, sobre todo de afinidad a la Faja Volcánica Transmexicana o a la Mesa Central, ya que al entrevistar a lugareños señalaron la presencia de otras especies de culebras y lagartijas. Los dos tipos de vegetación primaria presentan un alto grado de perturbación, así como la vegetación secundaria está siendo rápidamente fragmentada y transformada en campos de cultivo.

Conclusiones

La herpetofauna del Área Natural Protegida Cerros el Culiacán y La Gavia está representada por 22 especies, cinco de anfibios y 17 de reptiles; más de la mitad del total de especies encontradas son endémicas a México. El tipo de vegetación que presentó la riqueza específica más alta fue el bosque tropical caducifolio con 17 especies. El microhábitat más explotado por la herpetofauna fue el terrestre. Contar con el inventario de los anfibios y reptiles del área permitirá establecer estrategias adecuadas de monitoreo, conservación y manejo de la herpetofauna.

Arenas-Monroy, J. C. 2012. "Avances en el conocimiento de la herpetofauna del Área Natural Protegida Cerros El Culiacán y La Gavia" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 234-235.

Cuadro 1. Listado de anfibios y reptiles del Área Natural Protegida cerros El Culiacán y La Gavia y su distribución altitudinal, por tipos de vegetación y microhábitats.

Especie	Nombre regional	Endemismo	Altitud (msnm)	Tipo de vegetación				Microhábitat			
				BTC	BE	MX	IZT	A	R	S	T
ANFIBIOS											
Ranas											
Eleutherodactylus guttilatus	Ranita verde		2427-2545		X						X
Hyla arenicolor	Sapo		2346-2602	X	X						X
H. eximia	Ranita verde	E	2497-2763		X						X
Lithobates neovolcanicus	Rana	E	2082			X	X		X		
Spea multiplicata	Sapo		2145-2512	X	X	X	X		X		X
REPTILES											
Lagartijas											
Sceloporus dugesii	Lagartija	E	1761-2459	X	X	X	X			X	X
S. grammicus	Lagartija		2599-2631		X			X			X
S. spinosus	Lagartija	E	1712-2423	X		X		X		X	X
S. torquatus	Lagartija	E	1832-2748	X	X	X		X		X	X
Aspidoscelis gularis	Sabandija		1762-2105	X			X			X	X
Serpientes											
Conopsis nasus	Veredera	E	2231-2531	X	X				X		X
Masticophis mentovarius	Chirrionera		1734	X							X
Drymarchon melanurus	Limpiacampos		2221	X							X
Geophis dugesii	Culebra negra	E	2295-2501	X	X						X
Pituophis deppei	Alicante	E	2380	X							X
Senticolis triaspis	Chirrionera verde		2248	X							X
Storeria storerioides	Culebra	E	2643		X						X
Thamnophis eques	Culebra de agua		2424			X			X		X
Trimorphodon tau	Culebra de cruz en la frente	E	2142	X						X	X
Crotalus aquilus	Cascabel ceniza	E	2135	X						X	X
C. molossus	Cascabel serrana		2589-2617		X						X
Tortugas											
Kinosternon integrum	Tortuga	E	2388-2497	X	X				X		

Abreviaturas: E = Endémica; BTC = Bosque tropical caducifolio; BE = Bosque de encino; MX = Matorral xerófilo; IZT = Izotal; A = Arborícola; R = Ripario; S = Saxícola; T = Terrestre.

ESTUDIO DE CASO

ANFIBIOS Y REPTILES EN EL PREDIO PALO HUÉRFANO, MUNICIPIO DE ALLENDE



Fahd Henrry Carmona Torres | Abraham G. Escudero Hernández

El conocimiento de la biodiversidad de una región es de vital importancia para el desarrollo de los pueblos. Constituye una parte significativa de su patrimonio cultural, ya que el buen uso de una fuente de recursos puede contribuir al alcance de la sustentabilidad en términos de equidad ambiental, económica y social. El predio Palo Huérfano se encuentra dentro del municipio de San Miguel de Allende en la parte este del estado. El estudio se llevó a cabo del 9 al 15 de marzo de 2008 y se registró la fauna presente mediante censos-transectos, en los cuales se recorrió el terreno tanto de día como de noche. Se obtuvo el listado de las especies de vertebrados terrestres en el predio, así como su distribución por tipo de vegetación y uso de suelo: pastizal, bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo, bosque de encino y cuerpos de agua. Los anfibios y reptiles se registraron por medio de observación directa, considerando el ambiente –tipo de vegetación en que se encontraron– de manera que pudiera reconocerse si los anfibios y reptiles son especialistas o generalistas, entendiéndose como especialistas a aquellos que se distribuyen únicamente en un tipo de vegetación, y generalistas a aquellos a los que se les puede encontrar en más de un tipo de ambiente o vegetación (Rabinovich, 1982). En total, en el predio de Palo Huérfano se registraron 56 especies de vertebrados terrestres incluyendo tres anfibios y cinco reptiles (14% de los vertebrados). De las ocho especies de anfibios y reptiles registrados en Palo Huérfano dos son endémicas de México: la rana acuática *Lithobates montezumae* y la víbora de cascabel manchada *Crotalus polystictus*; tres especies se encuentran en la categoría de Sujeta a Protección Especial dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Lithobates montezumae, Crotalus polystictus* y *Crotalus molossus*. La población de las localidades aledañas reconoce la presencia de especies que no pudieron registrarse en la investigación, como la culebra de agua *Thamnophis* sp., la falsa coralillo *Lampropeltis* sp. y el cincuate *Pituophis deppei*. La abundancia de los anfibios y reptiles en Palo Huérfano se considera como baja al compararla con datos registrados en otras localidades con ambientes similares, como en el Estado de México, en donde las características tanto florísticas como fisiográficas son casi idénticas (observación personal). En el caso de los reptiles se esperarían abundancias mayores, principalmente en zonas rocosas, las cuales permiten que lagartijas del género *Sceloporus* puedan encontrar refugio y alimento.

Ninguna de las tres especies de anfibios fue dominante, ya que solamente se registró un ejemplar de cada especie. Se registraron cinco especies de reptiles, de los que destacan por su abundancia la lagartija de collar *Sceloporus torquatus* y la víbora de cascabel de cola negra *Crotalus molossus*, tanto esta serpiente como la víbora de cascabel manchada *Crotalus polystictus* son de importancia médica, por su toxicidad, y ecológica ya que pueden controlar las poblaciones de las especies de roedores que les sirven de alimento.

Se estimó la diversidad de anfibios y reptiles registrados con base en el índice de diversidad de Shannon (*H'*), que combina la riqueza de especies con el número de individuos y estima la diversidad de especies en relación con la proporción de aparición de cada una. Los resultados por grupo taxonómico fueron: *H'*= 1.10 para anfibios y *H´*=1.43 para reptiles, considerados como bajos a medios, los valores de este índice usualmente se encuentran entre cero y tres, teniendo que, comunidades poco diversas se acercan al valor de cero y comunidades muy diversas a valores de tres (Magurran, 1988).

Carmona- Torres, F. H. y A. G. Escudero. 2012. “Anfibios y reptiles en el predio Palo Huérfano, municipio de Allende” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 236-238.

Los anfibios fueron registrados en los cuerpos de agua particularmente en las represas artificiales que se encuentran dentro del predio, por lo que se reconocen como especialistas con respecto al uso de ambientes. Dentro del grupo de los reptiles las lagartijas se encontraron en dos ambientes: bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo, y las serpientes en pastizal (*Crotalus polystictus*) o en bosque de encino (*Crotalus molossus*), por lo que a las lagartijas se les puede reconocer como generalistas en el uso de ambientes disponibles y a las serpientes como especialistas (cuadro 1). Las zonas de mayor prioridad para la conservación dentro del predio son las cañadas, en las cuales se presentó una mayor riqueza y abundancia de especies de vertebrados.

Se recomienda incrementar el esfuerzo de muestreo, ya que a pesar de que la curva de acumulación se estabiliza (no se presenta un incremento en el número de especies registradas después del quinto día de muestreo) se esperaría registrar un mayor número de especies en las diversas estaciones del año (figura 1), primavera, verano, otoño e invierno. De esta manera se podría evaluar la situación actual y futura de la riqueza y diversidad de los anfibios y reptiles presentes en el predio y la posible afectación por cambios en la estructura de la vegetación y fisionomía del paisaje.

Durante los recorridos en el predio de Palo Huérfano se pudo apreciar una alta heterogeneidad ambiental tanto por la diversidad de tipos de vegetación como de hábitat disponibles para la herpetofauna (anfibios y reptiles) en donde las cañadas y los cuerpos de agua se reconocieron como hábitat importantes para la supervivencia de la biodiversidad de anfibios y reptiles existentes, se sugiere que se eviten cualquier tipo de afectación o perturbación y conservar e incrementar en lo posible los cuerpos de agua.

Cuadro 1. Anfibios y reptiles registrados en Palo Huérfano, Guanajuato. Tipo de vegetación y abundancia.

Especie	Tipos de vegetación					
	P	BTC	MX	BE	CA	NA
ANFIBIOS						
Ranas						
Hyla eximia	0	0	0	0	1	1
Hyla arenicolor	0	0	0	0	1	1
Lithobates montezumae	0	0	0	0	1	1
REPTILES						
Lagartijas						
Sceloporus sp.	0	1	1	0	0	2
Sceloporus torquatus	0	1	1	0	0	2
Sceloporus jarrovi	0	1	1	0	0	2
Serpientes						
Crotalus molossus	0	0	0	2	0	1
Crotalus polystictus	1	0	0	0	0	1

Abreviaturas: P = Pastizal; BTC = Bosque tropical caducifolio; MX = Matorral xerófilo; BE = Bosque de encino; CA = Cuerpos de agua; NA = Número de ambientes donde se registró la especie.

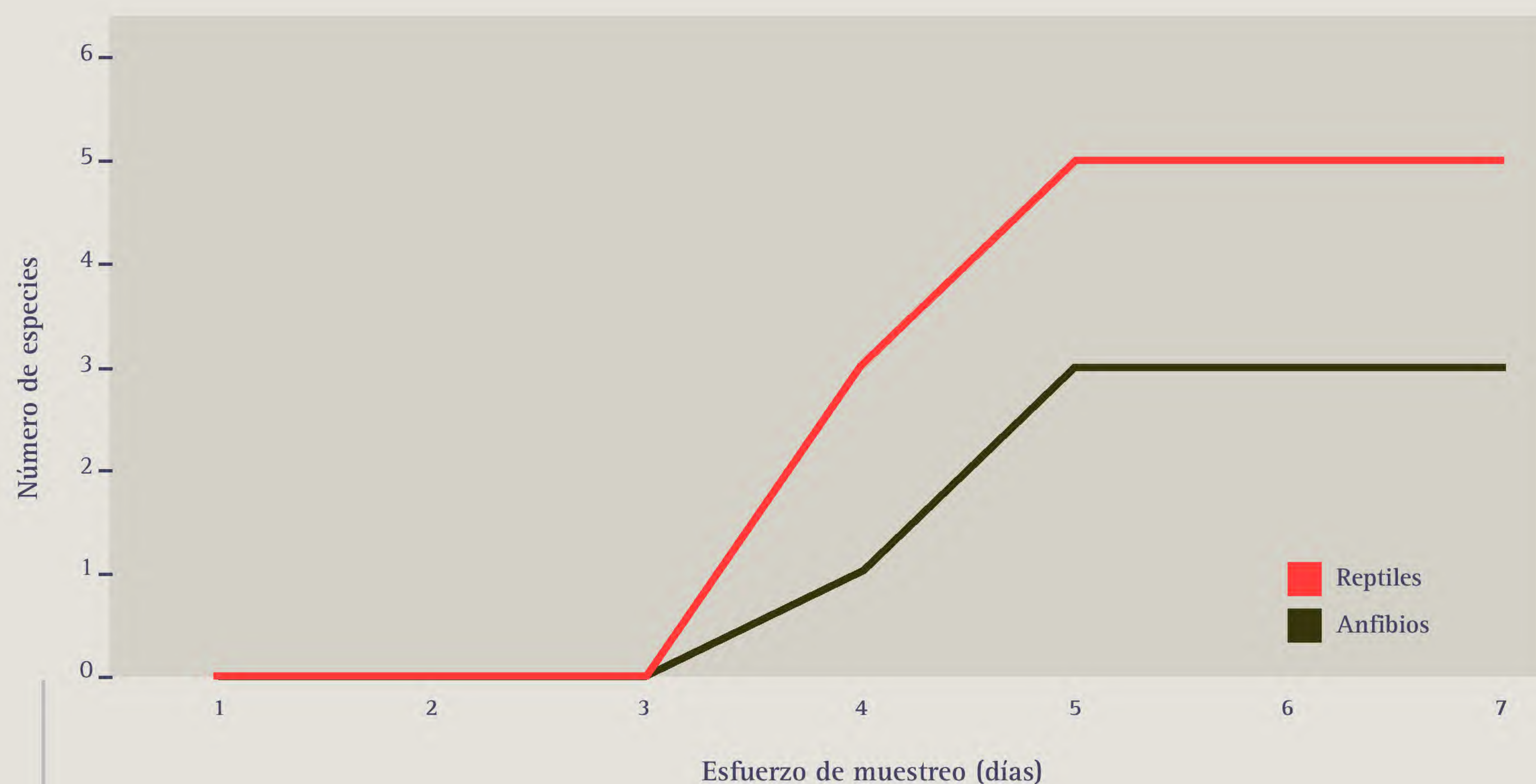


Figura 1. Curvas de acumulación de especies de anfibios y reptiles registrados en Palo Huérfano, municipio de San Miguel de Allende.

Literatura citada

Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. EUA, Princeton University Press.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de diciembre de 2010.

Rabinovich, J. 1982. *Introducción a la ecología de poblaciones animales*. México, Compañía Editorial Continental.

HERPETOFAUNA DEL RÍO LERMA, TRAMO LAS ADJUNTAS–EL TAJO, SALAMANCA



Jorge Adrián Berlín Diosdado | Luis Alejandro López Carreón | Gustavo Ernesto Quintero Díaz

El presente estudio forma parte del diagnóstico físico del río Lerma en su paso por el municipio de Salamanca durante el año 2003. Esta zona se encontró afectada en su diversidad biológica debido a los numerosos asentamientos humanos, a la contaminación del agua por descargas industriales, así como por la acumulación de basura que arrastra la corriente desde comunidades asentadas en zonas río arriba. El trabajo de campo se realizó mediante el uso de transectos de longitud variable en la búsqueda de anfibios y reptiles durante los meses de octubre a noviembre por lo que la diversidad reportada corresponde a la época otoño-invierno. Se realizaron ocho muestreos en total –tanto matutinos, vespertinos y nocturnos– en cada microhábitat encontrado a lo largo del cauce del río. Las especies registradas para cada punto de muestreo se presentan en el cuadro 1.

Ocho de las 17 especies se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010). El Ecoparque presentó una mayor diversidad, en donde los anuros fueron el grupo más favorecido, especialmente en el lago con una baja concentración de contaminantes y un mínimo de depredadores. El Tajo y Las Adjuntas fueron más diversos en reptiles debido a que la vegetación fuera del cauce del río se encontró modificada parcialmente por cultivos, así como a la presencia de vegetación sumergida y riparia nativa de la zona que otorga resguardo a algunos organismos formándose pequeñas fosas adecuadas para el desarrollo de los renacuajos. La alta diversidad de lagartijas se reflejó en Las Adjuntas y El Tajo, ya que las zonas rocosas (cercas de colindancia y deslaves en laderas) les proporcionan refugio.

La menor diversidad se encontró en Puente Obregón por la cercanía de la mancha urbana en ambas laderas del río y el impacto de los desechos arrojados al bordo, donde se registraron sólo dos especies de lagartijas (*Aspidoscelis gularis* y *Sceloporus torquatus*), aunque ambas se adaptan a la fragmentación del hábitat. Las descargas municipales afectaron el área de estudio y repercutieron indirectamente en la herpetofauna debido a la baja productividad de alimento, como los insectos y sus larvas acuáticas. La introducción de flora exótica (e.g. *Eucalyptus* sp., *Cassuarina* sp.) afectó en menor grado a la diversidad de anfibios y reptiles en virtud de que no tienen afinidad por este tipo de vegetación, especialmente las arborícolas. El grupo más afectado fue el de los anuros, del que se registraron pocos individuos en el cauce del río, debido a la baja calidad del agua, lo que restringió el desarrollo y provocó la muerte de las larvas.

En Desfogues no se encontraron registros en el cauce del río, quizás por la cercanía de los asentamientos urbanos y por la destrucción casi total del hábitat. Esta zona del río es la de menor cobertura vegetal y mayor concentración de químicos por las descargas municipales e industriales. Después de la creciente se formaron pequeños estanques que albergaron cinco de las especies. La zona Puente Libramiento, área a cielo abierto y sin vegetación asociada al cauce del río, no presentó un alto número de especies. Se observó que el desmonte de la vegetación natural para el aprovechamiento de los campos de cultivo disminuyeron las poblaciones herpetofaunísticas de la zona.

Se concluye que la agricultura es la principal causa de la disminución de la diversidad de anfibios y reptiles. Las condiciones del agua a partir de los desfogues son pésimas para el asentamiento de poblaciones de anfibios y algunos reptiles. El Ecoparque es un punto donde cuatro especies de anuros se reproducen y están limitados a esta zona.

Berlín-Diosdado, J. A., L. A. López-Carreón y G. E. Quintero-Díaz. 2012. “Herpetofauna del río Lerma, tramo Las Adjuntas–El Tajo, Salamanca” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 239-240.

Cuadro 1. Distribución de la diversidad de anfibios y reptiles en los puntos de muestreo.

Especie	Las Adjuntas	Desfogues	Obregón	Ecoparque	Libramiento	El Tajo
ANFIBIOS						
Hyla eximia	X					
Spea multiplicata				X		
Lithobates berlandieri	X	X		X	X	X
L. megapoda				X		
L. neovolcanicus				X		X
REPTILES						
Aspidoscelis gularis		X	X	X		X
Sceloporus horridus				X		X
S. jarrovi	X					X
S. torquatus	X		X	X		X
S. scalaris	X					
Conopsis nasus	X					X
Coluber mentovarius				X		X
Pituophis deppei		X		X	X	
Thamnophis eques				X	X	
T. melanogaster		X				
Thamnophis sp.						X
Kinosternon integrum	X	X				

Literatura citada

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de diciembre de 2010.

EL CONOCIMIENTO ETNOHERPETOLÓGICO DENTRO DE LAS COMUNIDADES DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA CERRO DE ARANDAS, IRAPUATO



Pedro Uriarte-Garzón

Dentro de las 5 240.15 ha que abarca el Área Natural Protegida Cerro de Arandas, se localizan siete comunidades rurales: El Conejo II, La Caja, Lo de Juárez, Noria de Camarena, Paso Blanco, San José de Bernalejo y San Diego del Rosal, en donde se realizó un estudio sobre el conocimiento, uso y creencias sobre los reptiles y anfibios de la zona con base en un cuestionario de 10 preguntas. Se encuestó a un grupo de 120 personas con un rango de edad entre los 30 y 60 años, de las cuales 40% se dedica al campo (agricultura o pastoreo) y 60% a otras actividades. Se utilizaron imágenes impresas de anfibios y reptiles registrados en la zona (Uriarte-Garzón y Lozoya-Gloria, 2009) como apoyo visual, así como sus nombres locales, lo que facilitó el trabajo.

La gente que se dedica a labores del campo identificó a 83% de las especies, mientras que las personas que no lo hacen, sólo conocieron 50% de ellas. En lo que respecta a la identificación de especies venenosas, se encontró que, en general, los habitantes de las comunidades reconocen a nueve reptiles (ocho especies de serpientes y una especie de lagartija) como animales peligrosos (cuadro 1).

La encuesta permitió, además, conocer los diferentes usos que les dan a estos grupos, identificando para este caso cinco especies de reptiles y tres especies de anfibios con diferentes tipos de aprovechamiento (cuadro 2).

Con relación a las creencias de la gente hacia algunas especies de anfibios y reptiles, se encontraron 13 interesantes mitos, donde 70% asegura haber visto y a 30% sólo le han contado (cuadro 3).

La última pregunta se enfocó en conocer la reacción de la persona al ver un anfibio o un reptil. Se encontró que los reptiles fueron los más atacados: 60% mencionó que los matan, 20% mencionó que tratan de no lastimarlos ya que son importantes para el cerro y otro 20% indicó que al verlos, sólo los hace a un lado, pero que también ya era muy raro verlos (haciendo referencia a las serpientes).

Se encontraron mitos y usos diversos en 70.8% de las 24 especies identificadas de reptiles y anfibios dentro del área , es decir, 14 especies de reptiles y tres especies de anfibios (Uriarte-Garzón y Lozoya-Gloria, 2009). Las personas encuestadas identifican reptiles que realmente son venenosos y a otros los consideran peligrosos por algún parecido con estos, por el color llamativo o bien por alguna creencia, por lo que se tiende a erradicarlos. Algunas especies de reptiles son muy temidas, aunque realmente son inofensivas, como es el caso de las serpientes *Conopsis nasus*, *Lampropeltis triangulum* y *Oxybelis aeneus*. Los usos encontrados para la mayoría de las especies no se podrían considerar muy impactantes en las poblaciones naturales, menor a 10% (Uriarte-Garzón y Lozoya-Gloria, 2009), salvo en el caso de las serpientes de cascabel *Crotalus molossus* y *C. aquilus*, ya que existen personas que capturan estos organismos para su uso personal o para la venta. El conocimiento etnoherpetológico encontrado en estas comunidades es amplio y de usos variados, pero centrado principalmente en personas mayores de 45 años que laboran en tierras de cultivo, en el pastoreo o juntando leña dentro de la zona natural. Por lo anterior, el considerar la percepción de los habitantes de las comunidades del Área Natural Protegida Cerro de Arandas hacia la herpetofauna, permitirá generar estrategias de conservación y aprovechamiento, aunado a la concientización y difusión mediante programas de educación ambiental.

Uriarte-Garzón, P. 2012*a*. "El conocimiento etnoherpetológico dentro de las comunidades del Área Natural Protegida Cerro de Arandas, Irapuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 241-243.

8 Capítulo

Cuadro 1. Especies identificadas como venenosas y porcentaje de la población encuestada que así lo considera.

Especie	Nombre local	Porcentaje de la población	Observaciones
Reptiles			
*Aspidoscelis gularis**	Lagartijo de cola roja o escorpión	30	Debido a la coloración que presentan se consideran venenosas
Conopsis nasus	Hocico de puerco	20	Se dice que es más venenosa que una serrana
Crotalus aquilus	Cascabel serrana	100	Considerada muy venenosa
Crotalus molossus	Cascabel hocico de puerco o víbora cola prieta	100	Considerada muy venenosa
Lampropeltis triangulum	Coralilla	90	Se cree que es igual de venenosa que el coralillo
Masticophis mentovarius	Chirrionera	40	Persigue a la gente
Micrurus tener	Coralillo	100	Considerada muy venenosa
Oxybelis aeneus	Flechilla	80	Se teme por su comportamiento de atacar a la gente
Pituophis deppei	Alicante	80	Por la coloración y el comportamiento similar a una cascabel

Cuadro 2. Usos encontrados para la herpetofauna del Área Natural Protegida Cerro de Arandas.

Especie utilizada	Nombre local	Uso
Anfibios		
Hyla eximia	Ranita verde	Mascota[2]
Incilius occidentalis	Sapo	Medicinal, artesanal[1]
Lithobates neovolcanicus	Rana	Mascota[2]
Reptiles		
Crotalus aquilus	Cascabel serrana	Alimento, ornamental[4]
Crotalus molossus	Cascabel hocico de puerco o víbora cola prieta	Alimento, medicinal[5], esotérico[5], ornamental[4], artesanal[1]
Kinosternon integrum	Tortuga	Mascota[2], artesanal[1]
Pituophis deppei	Alicante	Mascota[3]
Thamnophis eques	Víbora de agua	Mascota[3]

1) Elaboración de taxidermias; 2) Usada de forma temporal como mascota en la misma comunidad; 3) Capturada para su venta en el mercado ilegal; 4) Se utiliza su piel seca y el cascabel; 5) *C. molossus* es utilizada en la medicina tradicional y en el esoterismo por su tamaño y sus propiedades curativas, haciéndola más atractiva que *C. aquilus* (según comentan personas que se dedican a su captura y venta).

Cuadro 3. Creencias o mitos encontrados en las comunidades rurales del Área Natural Protegida Cerro de Arandas.

Especie	Nombre local	Mito
Anfibios		
Hyla eximia	Ranita verde	Las ranas saltan hacia las personas, se les pegan a la piel y les chupan la sangre
Incilius occidentalis	Sapo	Los sapos son buenos para quitar la calentura
Incilius occidentalis	Sapo	Los sapos avientan leche por la piel
Incilius occidentalis	Sapo	Si se agarra un sapo salen granos
Incilius occidentalis	Sapo	Los sapos son usados para quitar el "mal de ojo"
Incilius occidentalis y *Lithobates neovolcanicus*	Sapo y rana	Con la orina de los sapos y las ranas salen granos y verrugas
Reptiles		
*Aspidoscelis gularis**	Lagartijo de cola roja o escorpión	Los lagartijos de cola roja son venenosos
Drymarchon melanurus	Víbora negra	La víbora negra se puede parar a la altura de una persona y chifla
Masticophis mentovarius	Chirrionera	Las chirrioneras "chicotean" a tal grado de abrirle la piel a una persona a latigazos
Masticophis mentovarius	Chirrionera	Cuando les roban los huevos a las víboras, éstas se enojan tanto, que se enredan en un árbol y lo aprietan tan fuerte que lo secan, pero la madera de estos ya no sirve para la leña. Además, persiguen a la gente para ahorcarla
Oxybelis aeneus	Flechilla	Las flechillas cuando son molestadas, se arrojan de los árboles y atraviesan el cuerpo de una persona
Pituophis deppei	Alicante	Los alicantes les chupan la leche a las vacas y a las mujeres cuando están criando
Sceloporus spinosus y *S. torquatus*	Lagartijos	Los lagartijos espinosos tienen espinas para picar a la gente

Literatura citada

Uriarte-Garzón, P. y E. Lozoya-Gloria. 2009. *Manual del inventario de la fauna del Área Natural Protegida Cerro de Arandas, Irapuato, Guanajuato*. Parque Ecológico de Irapuato, A.C.

AVES

Marco A. Gurrola Hidalgo | B. Patricia Escalante Pliego | Ana S. López González
Fermín T. Sanabria Ordóñez

Descripción del grupo

Las aves son vertebrados de sangre caliente, tienen el cuerpo cubierto de plumas a excepción del pico, ojos y patas; las extremidades anteriores están transformadas en alas que generalmente les sirven para el vuelo; las plumas son extremadamente ligeras en relación con su volumen, son fuertes, aerodinámicas y con un diseño estructural muy complejo. El esqueleto es de gran ligereza en las especies voladoras, con grandes espacios huecos que se comunican con los sacos aéreos del aparato pulmonar; los huesos de la cabeza, hombro, pecho y cadera fusionados, proporcionando una gran firmeza al vuelo; el esternón presenta un gran desarrollo con quilla densa o cartilaginosa, que es donde se insertan los músculos torácicos responsables del vuelo. La reproducción de las aves es ovípara con fecundación interna, tras un periodo de incubación nacen las crías. El aparato digestivo asimila el alimento en forma óptima, puede presentar el buche y la molleja o estómago que puede ser de naturaleza muscular o glandular; al final, la cloaca recoge defecación, orina, esperma y huevos. El sistema excretor, formado por un par de riñones con dos uréteres cortos desembocan directamente en la cloaca, donde la pérdida de agua en el producto final es mínima. El sistema respiratorio es muy eficaz, maximiza el uso del oxígeno; la siringe es una estructura encargada de producir sonidos. El alto nivel de energía que requieren las aves para volar se genera por medio de su metabolismo acelerado y una rápida y eficiente circulación sanguínea, así como una gran capacidad para regular su temperatura, ya que carecen de glándulas sudoríparas. Los sentidos más desarrollados son el de la visión y el auditivo; los ojos son los órganos sensoriales de mayor desarrollo y de vital importancia, en la mayoría de la aves se encuentran a cada lado de la cabeza, por lo que disponen de un amplio ángulo visual, y la posición frontal o binocular de los ojos está adaptada para la caza nocturna; están protegidos por párpados superiores, inferiores y una membrana nictitante transparente. En la mayoría de las especies el sentido del gusto y del olfato no es eficiente. La gran variedad estructural de la forma de los picos, alas, patas, así como de las dietas y conducta se reflejan en la gran cantidad de especies que se encuentran en los diferentes hábitats mundiales (Gill, 2007).

Diversidad

En el mundo existen más de 10 000 especies y 22 000 subespecies de aves (Lepage, 2009); para la República Mexicana se determinan cerca de 1 075 (Clements, 2007) y para el estado (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2008) se señalan 345, sin un listado específico general.

Riqueza de especies

Se recolectaron 3 391 registros de museos (GBIF, 2009), con avistamientos de campo (2005-2010) y el análisis de listados existentes (Babb, 2000; Cruz, 1986; Dugès, 1895; Hernández y Moreno, 2009; Estrada, 2000; Friedman *et al.*, 1950; González, 2005; Gobierno Municipal de Guanajuato, 2001; López *et al.*, 2008; Miller *et al.*, 1957, Sánchez y Álvarez, 1995; Sandoval, 2004; Semarnat *et al.*, 2005; Villaseñor, 2008; Uriarte-Garzón y Lozoya, 2009). Se obtuvo una lista de 366 especies, lo que representa una proporción a nivel nacional de 34.04%, dentro de 20 órdenes y 61 familias, de estas últimas, las que agrupan el mayor número de especies fueron: Tyrannidae (33), Parulidae (34) y Emberizidae (29) (apéndice 1).

El número de especies residentes fue de 240 (57%) y 126 migratorias (30%) (figura 1). El or-

Gurrola-Hidalgo, M. A., P. Escalante, A. S. López-González, *et al.* 2012. "Aves" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 244-254.

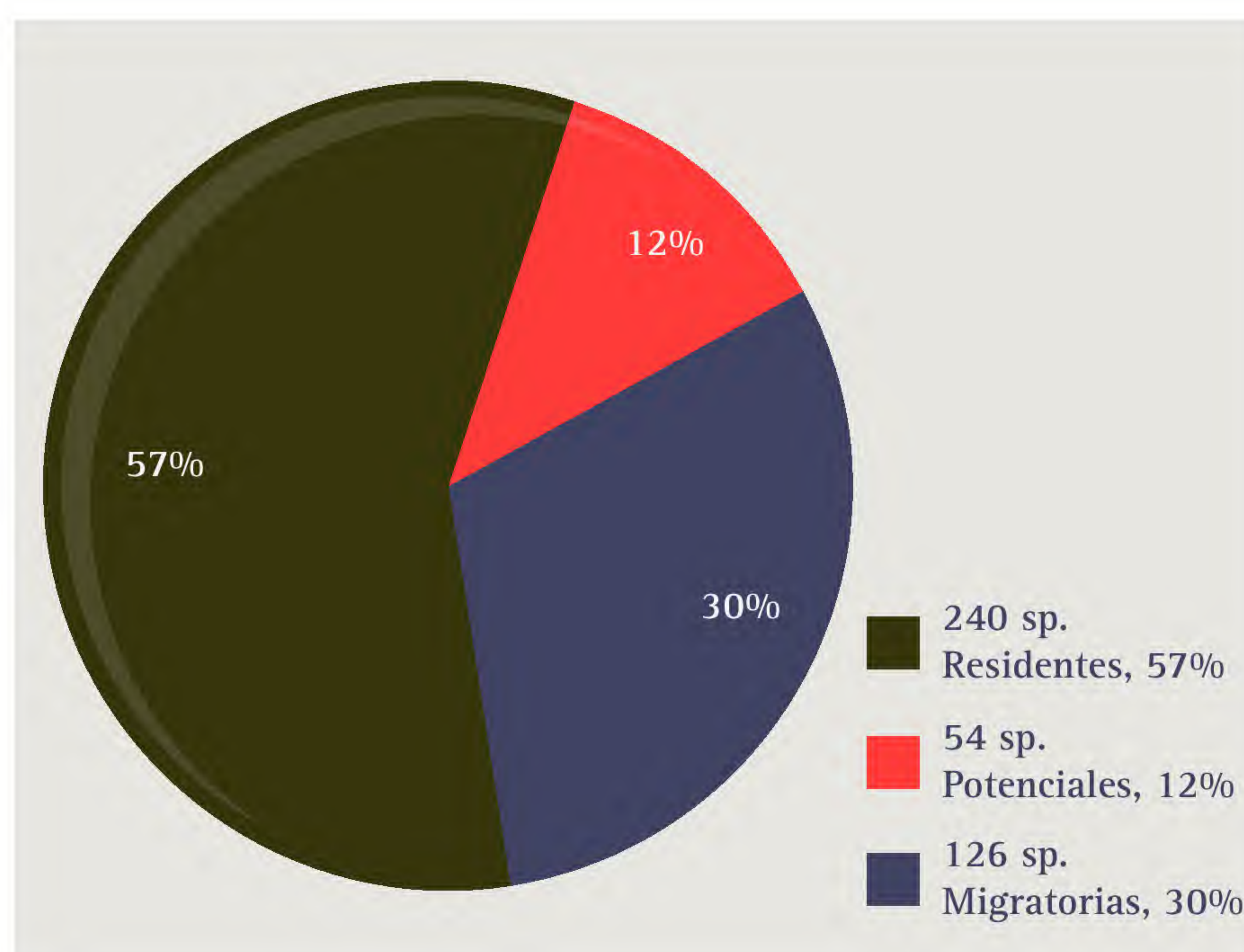


Figura 1. Proporción numérica y porcentual de las especies de aves residentes, migratorias y potenciales del estado de Guanajuato. Fuente: Elaboración propia.

denamiento de la lista de especies y sus nombres es el propuesto por la AOU (1998) y sus suplementos (2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 20010, 2011).

Algunas especies comunes de aves

De 2005 a 2010, personal de la Colección Nacional de Aves (CNAV), del Instituto de Biología de la UNAM, realizaron observaciones y recolectas en las localidades de cerro de Amoles (20° 04′ 49.3′′ N-101° 19′ 52.9′′ O), en el municipio de Moroleón; laguna de Yuriria (20° 16′ 47.08′ N-101° 6′ 22.83′′ O), en el municipio de Yuriria; Tortugas (21° 29′ 37.93′′ N-99° 57′ 50.83′′ O), El Platanal (21° 27′ 18.58′′ N-99° 50′ 35.48′′ O), San Isidro de las Palmas (20 45′68.4" N-101 10′84.00" O), del municipio de Xichú y el Platanito (21° 27′ 57.49′′ N-100° 6′ 55.94′′ O), del municipio de Victoria. Algunas de las especies comunes fotografiadas fueron: Colibrí berilo (*Amazilia beryllina)*, macho residente común de la localidad de cerro de Amoles, municipio de Moroleón (figura 2); colibrí magnífico (*Eugenes fulgens*), macho residente común de la localidad de cerro de Amoles, municipio de Moroleón (figura 3); gavilán pescador (*Pandion haliaetus*), individuo joven y migratorio raro del Casacuarán, municipio de Yuriria (figura 4); tecolote occidental (*Megascops trichopsis*), residente poco común de Cerro de Amoles, municipio de Moroleón (figura 5); carpintero cheje *Melanerpes aurifrons*, macho residente común de Tortugas, municipio de Xichú (figura 6); cardenalito (*Pyrocephalus rubinus*), macho residente común de Tortugas, municipio de Xichú (figura 7); tirano picogrueso (*Tyrannus crassirostris*), residente común de Tortugas, municipio de Xichú (figura 8); cenzontle (*Mimus polyglottos*), residente común de Tortugas, municipio de Xichú



Figura 2. Colibrí berilo, *Amazilia beryllina* (fotografía de M.A. Gurrola).



Figura 3. Colibrí magnífico, *Eugenes fulgens* (fotografía de M.A. Gurrola).



Figura 4. Gavilán pescador, *Pandion haliaetus* (fotografía de M.A. Gurrola).



Figura 7. Cardenalito, *Pyrocephalus rubinus* (fotografía de M.A. Gurrola).



Figura 5. Tecolote occidental, *Megascops trichopsis* (fotografía de M.A. Gurrola).

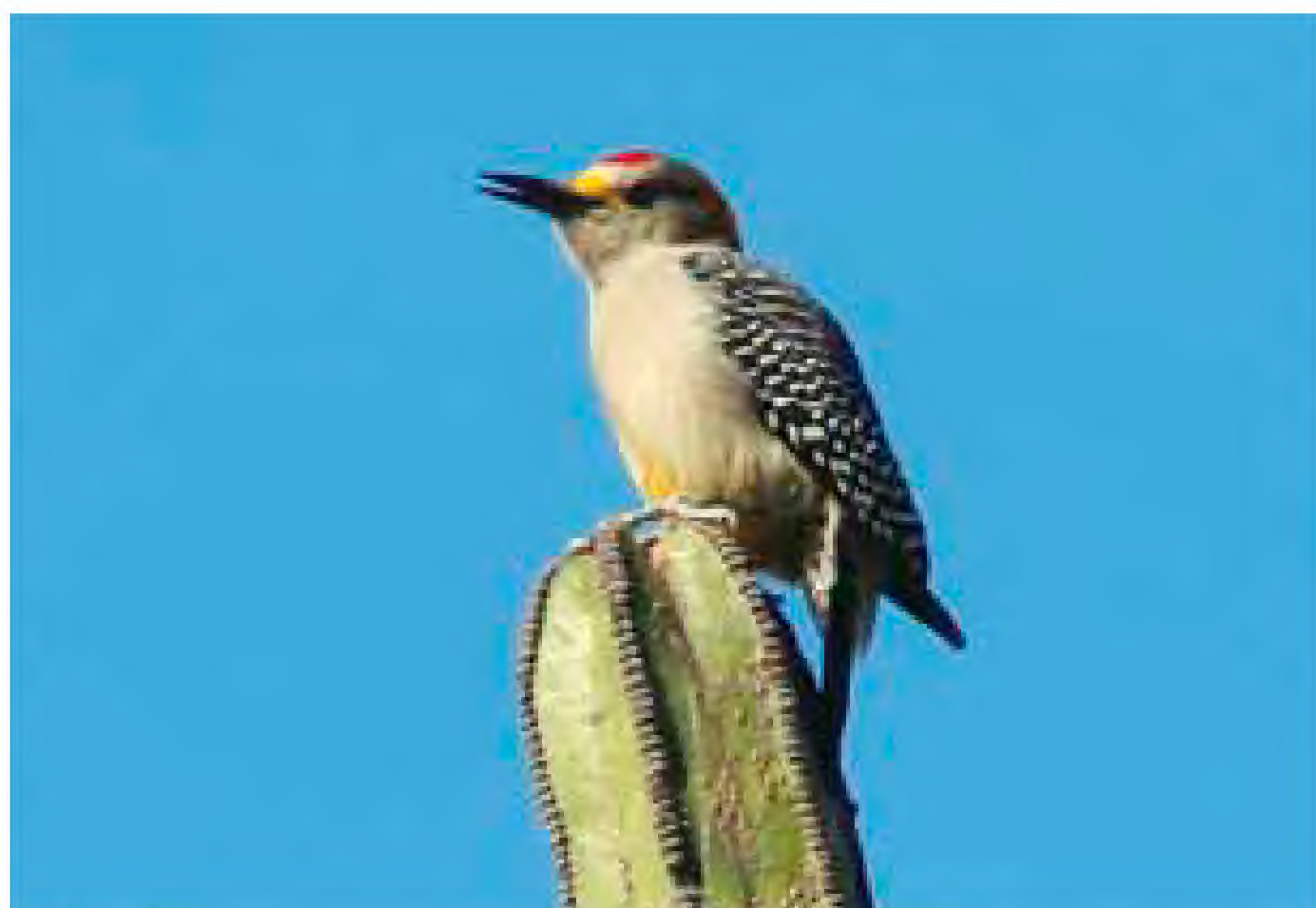


Figura 6. Carpintero cheje, *Melanerpes aurifrons* (fotografía de M.A. Gurrola).



Figura 8. Tirano picogrueso, *Tyrannus crassirostris* (fotografía de M.A. Gurrola).



Figura 9. Cenzontle, *Mimus polyglottos* (fotografía de M.A. Gurrola).



Figura 10. Verduguillo, *Lanius ludovicianus* (fotografía de M.A. Gurrola).



Figura 11. Cardenal, *Cardinalis cardinalis* (fotografía de M.A. Gurrola).

(figura 9); verduguillo *Lanius ludovicianus,* residente poco común de Tortugas, municipio de Xichú (figura 10); cardenal (*Cardinalis cardinalis*), macho residente común de la Cascalotera, municipio de Yuriria (figura 11).

Endemismos

No hay especies endémicas exclusivas para la entidad, pero dentro de su territorio y compartiendo con otros estados vecinos se presentan 48 especies (13.11%) dentro de alguna de las categorías de endemismo (González-García y Gómez de Silva, 2003), de las cuales 16 son endémicas (dos de distribución restringida) en la laguna de Yuriria *Geothlypis speciosa*, y en el límite norteño del estado *Spizella wortheni,* seis cuasiendémicas y 26 semiendémicas.

Distribución

El estado de Guanajuato, con una extensión territorial de 30 608 km^2 (Inegi, 2005) y ubicado en el centro de la República Mexicana, ha sufrido una gran variedad de cambios ambientales en el transcurso del tiempo, por lo que pocos hábitats naturales pueden considerarse prístinos, de tal forma que las diferentes actividades antropogénicas han disminuido o degradado severamente la vegetación original hasta 49% (Palacio-Prieto *et al*., 2000; Rzedowski *et al*., 1996).

A pesar del desarrollo y crecimiento tecnológico, Guanajuato y otros estados se consideran deficientes en el conocimiento de su vegetación (Dávila y Sosa, 1994), de su avifauna, se ha obtenido poca información de naturaleza particularmente parcial (informes sin mucho detalle) y temporal (no son continuos en tiempo), además de que una variedad de datos no ha sido publicada o reportada adecuadamente, lo que hace más difícil su accesibilidad. El apéndice 1 sintetiza la literatura sobre las aves del estado de 1895 a 2010.

Aunque Guanajuato se encuentra ubicado dentro de los límites Neártico-Neotropical, donde coinciden seis ecorregiones (Conabio, 1999), los diferentes ecosistemas y hábitats particulares no han recibido la atención científica necesaria. Como ejemplo particular, al sur de la entidad se conjuntan dos importantes regiones avifaunísticas, la Faja Volcánica Transmexicana Septentrional y el Altiplano Mexicano, donde han evolucionado hábitats acuáticos particulares que han aislado a algunas poblaciones de aves, particularmente el de *Geothlypis speciosa* (Navarro-Sigüenza, *et al*., 2007). Comparativamente con otras regiones del país, la entidad se ha considerado como una de las regiones menos estudiadas y muestreadas (Navarro *et al*., 2004), lo que se refleja por las pocas investigaciones y algunos listados faunísticos en áreas muy limitadas o específicas, siendo nulos los relacionados con estudios poblacionales y la historia de vida de las aves. Una de las pocas áreas que recientemente ha recibido atención considerable es la Reserva de la Biosfera de Sierra Gorda de Guanajuato, por la consideración de que concentra una gran riqueza de aves residentes y migratorias (Gobierno del Estado de Estado de Guanajuato, 2008).

Importancia

Función ambiental de las aves.

Las aves forman parte importante dentro de la cadena alimenticia, pueden ser depredados o depredadores, cumplen funciones polinizadoras, dispersoras de semillas y consumidoras de insectos. Ambientalmente, algunas especies pueden ser consideradas como indicadores ambientales, en el sentido de que su presencia, abundancia, densidad, entre otros factores, pueden ser usados para evaluar a otras especies difíciles de valorar (Bibby *et al*., 1992; Lawton, 1996).

Aves y salud

Por sus desplazamientos a grandes distancias, las aves migratorias tienen un papel importante como reservorios de parásitos y zoonosis de importancia mundial como la gripe aviar.

Especies plaga

Siete especies (*Toxostoma curvirostre, Agelaius phoeniceus, Quiscalus mexicanus, Molothrus ater, M. aeneus, Passerina caerulea y Sporophila* sp.) son consideradas plaga del sorgo, trigo, arroz y fresa (Del Villar-González, 2000). *Quiscalus mexicanus*, con sus excretas, afecta directamente parques y jardines, además de su posible potencialidad en algunas zoonosis. Por la facilidad de formar parvadas de miles de individuos *M. ater y M. aeneus* se convierten en plagas de diferentes cultivos, estas aves tienen la capacidad de parasitar los nidos de otras especies disminuyendo y afectando a sus poblaciones.

Situación y estado de conservación

Especies extintas y extirpadas

Se destaca a *Ectopistes migratorius* como una especie migratoria extinta, que para 1873 ya se consideraba rara en México (Dugès, 2003). Dos

especies son consideradas extirpadas: *Meleagris gallopavo*, que tuvo una amplia distribución histórica en el estado (Leopold, 1977), y fue posteriormente reintroducida con resultados favorables (Márquez *et al*., 2007; Valverde y Martínez, 2008); *Amazona oratrix* está reduciendo su área de distribución en el país y se consideró extirpada de Guanajuato y otros estados (Macías-Caballero *et al*., 2000), afortunadamente, siete Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) trabajan con la especie en cautiverio.

Especies en alguna categoría de riesgo

Son 34 especies (9.26%) las que se encuentran en alguna categoría de riesgo (Semarnat, 2010), ocho amenazadas (una endémica, *Anas plathyrhynchos diazi*), cinco en peligro (dos endémicas de distribución restringida, *G. speciosa y Spizella wortheni*) y 26 sujetas a protección especial (cuatro endémicas, *Xenotriccus mexicanus, Vireo nelsoni, Catharus occidentalis* y *Ridgwayia pinicola*). 25 especies (6.81%) son consideradas en peligro por Ceballos y Márquez (2000), siete amenazadas (tres endémicas, *X. mexicanus, V. nelsoni* y *R. pinicola*), nueve en peligro (dos endémicas, *G. speciosa* y *S. wortheni*) y nueve frágiles (una endémica, *A. p. diazi*). 51 especies (13.89%), se encuentran dentro de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2012), cuatro especies en el apéndice I con *Amazona oratrix, Ara militaris, Falco peregrinus* y *Colinus virginianus*; 44 en el apéndice II (especies de las familias Accipitridae, Falconidae, Psittacidae, Tytonidae, Strigidae y Trochilidae) y tres en el apéndice III (*Dendrocygna Autumnalis, D. bicolor,* y *Penelope purpurascens*, categorizada para Honduras). La IUCN (2011), considera 355 especies (96.99%), en la categoría de baja preocupación LC (en ninguna categoría de riesgo por su amplia distribución y abundancia); a cuatro en peligro EN (dos endémicas, *G. speciosa* y *S. wortheni*; una cuasiendémica, *A. oratrix*), dos vulnerables V y siete cercanamente vulnerables NT (una endémica, *X. mexicanus*). La figura 12 concentra las proporciones numéricas de las es-

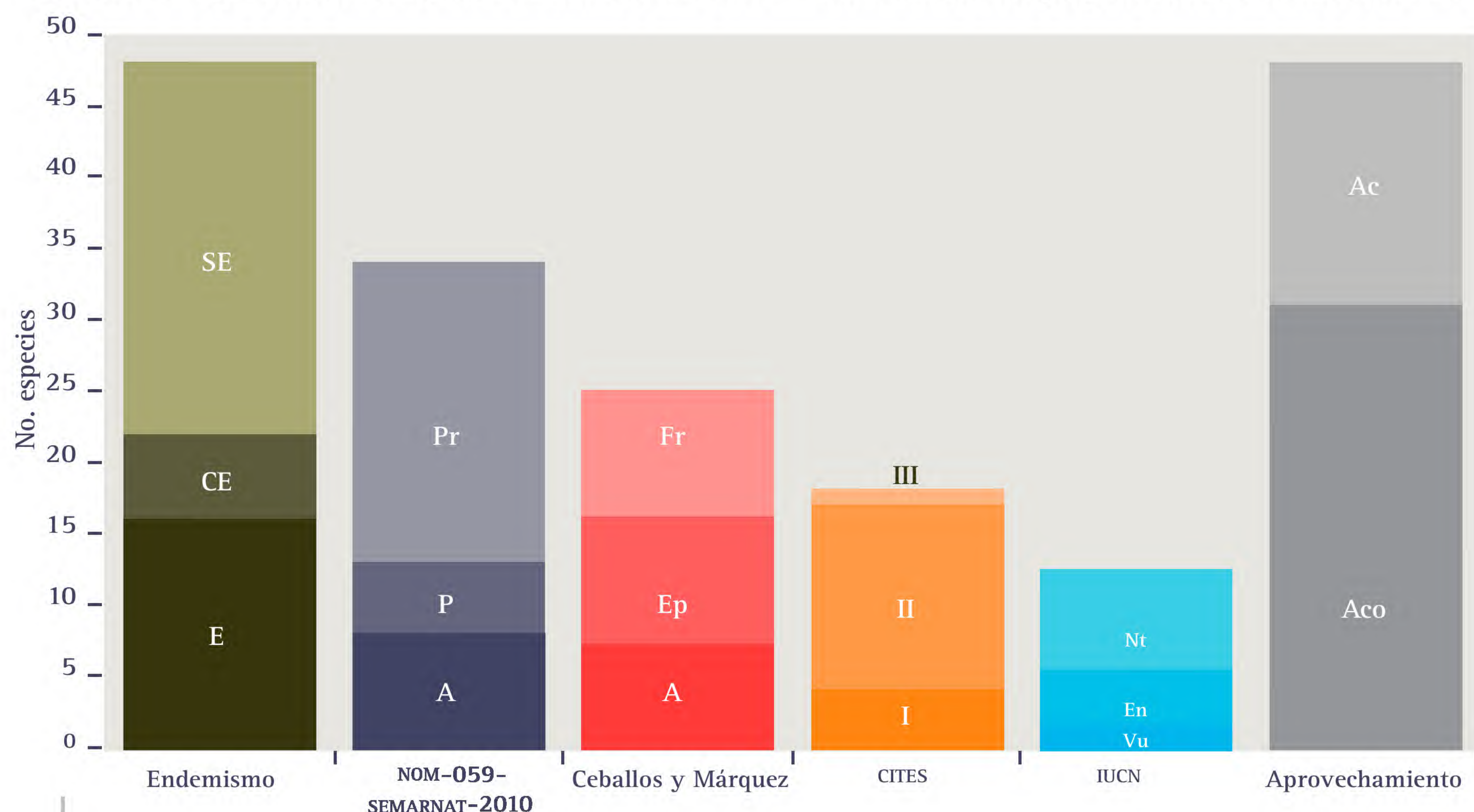


Figura 12. Proporciones numéricas de las diferentes categorías de agrupación: endemismo (E: endémica, CE: cuasiendémica, SE: semiendémica), NOM-059-SEMARNAT-2010 (A: amenazada, P: peligro de extinción, PR: protección especial), Ceballos y Márquez (A: amenazada, Ep: en peligro, Fr: frágil). 2000, CITES, IUCN (EX: extinta en la naturaleza, EW: extinta en vida) y aprovechamiento (Ac: aves cinegéticas, Aco: aves canoras y de ornato).

Cuadro 1. Lista de aves que pueden estar presentes en el estado, de acuerdo a la distribución de Howell y Webb (1995) y de Ridgely *et al.* (2007).

No.	Nombre común	Nombre en inglés	Género	Epíteto específico
1	tinamú canelo	Thicket Tinamou	*Cripturellus*	*cinnamomeus*
2	ganso careto-mayor	Snow Goose	*Chen*	*caerulescens*
3	ganso canadiense	Canada Goose	*Branta*	*canadensis*
4	pato arcoiris	Wood Duck	*Aix*	*sponsa*
5	pato pinto	American Black Duck	*Anas*	*rubripes*
6	mergo cresta blanca	Hooded Merganser	*Lophodytes*	*cucullatus*
7	zambullidor cornudo	Horned Grebe	*Podiceps*	*auritus*
8	achichilique pico naranja	Clark's Grebe	*Aechmophorus*	*clarkii*
9	ibis blanco	White Ibis	*Eudocimus*	*albus*
10	gavilán pico gancho	Hook-billed Kite	*Chondrohierax*	*uncinatus*
11	aguililla cola blanca	White-tailed Hawk	*Buteo*	*albicaudatus*
12	aguililla real	Ferruginous Hawk	*Buteo*	*regalis*
13	rascón real	King Rail	*Rallus*	*elegans*
14	rascón limícola	Virginia Rail	*Rallus*	*limicola*
15	grulla gris	Sandhill Crane	*Grus*	*canadensis*
16	chorlo dominico	American Golden-Plover	*Pluvialis*	*dominica*
17	picopando canelo	Marbled Godwit	*Limosa*	*fedoa*
18	playero de Baird	Baird's Sandpiper	*Calidris*	*bairdii*
19	playero pectoral	Pectoral Sandpiper	*Calidris*	*melanotos*
20	playero dorso rojo	Dunlin	*Calidris*	*alpina*
21	playero zancón	Stilt Sandpiper	*Calidris*	*himantopus*
22	falaropo pico grueso	Red Phalarope	*Phalaropus*	*fulicarius*
23	gaviota de Franklin	Franklin's Gull	*Leucophaeus*	*pipixcan*
24	charrán caspia	Caspian Tern	*Hydroprogne*	*caspia*
25	charrán negro	Black Tern	*Chlidonias*	*niger*
26	charrán de Forster	Forster's Tern	*Sterna*	*forsteri*
27	cotorra-serrana occidental	Thick-billed Parrot	*Rhynchopsitta*	*pachyrhyncha*
28	búho cara café	Mottled Owl	*Ciccaba*	*virgata*
29	búho manchado	Spotted Owl	*Strix*	*occidentalis*
30	búho listado	Barred Owl	*Strix*	*varia*
31	búho cuerno corto	Short-eared Owl	*Asio*	*flammeus*
32	tecolote afilador	Northern Saw-whet Owl	*Aegolius*	*acadicus*
33	vencejo negro	Black Swift	*Cypseloides*	*niger*
34	trogón citrino	Citreoline Trogon	*Trogon*	*citreolus*
35	trogón orejón	Eared Quetzal	*Euptilotis*	*neoxenus*
36	chupasavia oscuro	Williamson's Sapsucker	*Sphyrapicus*	*thyroideus*
37	carpintero de Arizona	Arizona Woodpecker	*Picoides*	*arizonae*
38	trepatroncos escarchado	White-striped Woodcreeper	*Lepidocolaptes*	*leucogaster*

Cuadro 1. Continuación.

No.	Nombre común	Nombre en inglés	Género	Epíteto específico
39	tirano dorso negro	Eastern Kingbird	*Tyrannus*	*tyrannus*
40	vireo gorra negra	Black-capped Vireo	*Vireo*	*atricapilla*
41	vireo plomizo	Plumbeous Vireo	*Vireo*	*plumbeus*
42	chara verde	Green Jay	*Cyanocorax*	*yncas*
43	sita enana	Pygmy Nuthatch	*Sitta*	*pygmaea*
44	chivirín sabanero	Sedge Wren	*Cistothorus*	*platensis*
45	mirlo-acuático norteamericano	American Dipper	*Cinclus*	*mexicanus*
46	zorzal de Frantzius	Ruddy-capped Nightingale-Thrush	*Catharus*	*frantzii*
47	escribano collar castaño	Chestnut-collared Longspur	*Calcarius*	*ornatus*
48	chipe flameante	American Redstart	*Setophaga*	*ruticilla*
49	picaflor canelo	Cinnamon-bellied Flowerpiercer	*Diglossa*	*baritula*
50	toqui de collar	Collared Towhee	*Pipilo*	*ocai*
51	gorrión pantanero	Swamp Sparrow	*Melospiza*	*georgiana*
52	tángara cabeza roja	Red-headed Tanager	*Piranga*	*erythrocephala*
53	picogordo cuello rojo	Crimson-collared Grosbeak	*Rhodothraupis*	*celaeno*
54	colorín pecho naranja	Orange-breasted Bunting	*Passerina*	*leclancherii*

pecies de aves endémicas en alguna categoría de riesgo y de su aprovechamiento.

Especies no nativas

Cuatro especies introducidas se encuentran en el estado (*Bubulcus ibis, Columba livia, Sturnus vulgaris* y *Passer domesticus*), siendo incluidas dentro del listado general de las aves.

Especies potenciales

Se consideran 54 especies de factible ocurrencia en el estado (cuadro 1) por lo que el listado puede aumentar potencialmente a 420. Esta distribución regional es mostrada por Howell y Webb (1995) y Ridgely *et al.* (2007).

Amenazas para su conservación

Aves y género humano

La humanidad ha estado relacionada históricamente con las aves, ya que fue y sigue siendo un recurso importante para su alimentación que influyó en su religión, cosmogonía y vida cotidiana. Contrariamente, las actividades antropogénicas (por ejemplo el crecimiento poblacional humano, la fragmentación, transformación y destrucción de los ecosistemas) han tenido una influencia directa o indirecta sobre la avifauna, pues han llevado a algunas especies a la extinción o a una severa disminución de sus poblaciones.

Hay una gran necesidad de estudios que describan con detalle la composición y estructura de las diferentes comunidades de aves, es preciso que gobierno y academia se conjunten para promover, fomentar y ejecutar estudios sobre la biodiversidad general del estado que faciliten comparaciones regionales respecto a su composición, diversidad y estructura, de importante trascendencia a nivel regional y nacional, debido a las repercusiones de la riqueza biológica y endemismos compartidos.

Acciones de conservación

Aprovechamiento de la avifauna

Para 2009-2010, 17 especies (4.64%) son utilizadas cinegéticamente, este grupo incluye siete terrestres y 10 acuáticas/playeras (Semarnat,

2009*a, b*), calificadas algunas como comestibles (POGEG, *2005*). 19 especies (5.19%), son consideradas susceptibles de aprovechamiento como aves canoras y de ornato, desconociendo si todas ellas son utilizadas para este fin o tienen algún otro uso particular (Semarnat, 2009*c*). Es importante mencionar la presencia en el estado de 78 Unidades de Manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), donde se crían especies nativas de importancia ecológica y económica (Semarnat, 2009*d*).

Se han establecido dos áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA), la Sierra de Santa Rosa y la Laguna de Yuriria que es considerada como un humedal de importancia internacional (Ramsar) (Arizmendi y Márquez, 2000). Se han decretado 21 áreas naturales protegidas de jurisdicción estatal que involucra 8.6% del territorio estatal (cuatro parques ecológicos, un monumento natural, cinco áreas de restauración ecológica, nueve áreas de uso sustentable y dos reservas de conservación) (Guzmán y Báez, 2009; Uriarte-Garzón y Lozoya, 2009).

Literatura citada

AOU (American Ornithologists Union). 1998. "Check-list of North American Birds", *http//www.aou.org/checklist/north/,* última consulta 1 de mayo de 2012.

———. 2000. "Forty-second Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds", *The Auk* **117**: 847-858.

———. 2002. "Forty-third Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds", *The Auk* **119**: 897-906.

———. 2003. "Forty-fourth Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds", *The Auk* **120**: 923-931.

———. 2004. "Forty-fifth Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds", *The Auk* **121**: 985-995.

———. 2005. "Forty-sixth Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds", *The Auk* **122**: 1026-1031.

———. 2006. "Forty-seventh Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds", *The Auk* **123**: 926-936.

———. 2007. "Forty-eighth Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds", *The Auk* **124**: 1109-1115.

———. 2008. "Forty-ninth Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds", *The Auk* **125**: 758-768.

———. 2009. " Fiftieth Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds", *The Auk* **126**: 705–714.

———. 2010. "Fifty-First Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds", *The Auk* **127**: 726–744.

———. 2011. " FIFTY-SECOND Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds", *The Auk* **128**: 600–613.

Arizmendi, C. y L. Márquez V. 2000. *Áreas de importancia para la conservación de las aves de México*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

Babb, S.K.A. 2000. "AICA 56: Laguna de Yuriria", en M. del C. Arizmendi y L. Márquez (eds.), *Áreas de importancia para la conservación de las aves en México*. México, Conabio.

Bibby, C.J., N.J. Collar, M.J. Crosby *et al.* 1992. *Putting biodiversity on the map: priority areas for global conservation*. Cambridge, International Council for Bird Preservation.

BirdLife International (2011) The BirdLife checklist of the birds of the world, with conservation status and taxonomic sources. Version 4. Downloaded from *http://www.birdlife.info/im/species/checklist.zip* [.xls zipped 1 MB].

Ceballos, G., M. del C. Arizmendi y L. Márquez. 2000. "La diversidad y conservación de las aves de México", en G. Ceballos y V.L. Márquez (coords.), en *Las aves de México en peligro de extinción*. México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/Conabio/Fondo de Cultura Económica (FCE), pp. 23-68.

———. y V.L. Márquez (coords.), 2000. *Las aves de México en peligro de extinción*. México, UNAM/Conabio/FCE, pp. 430.

CITES (Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y de flora silvestre). 2012. en *http://www.cites.org/eng/app/appendices.php*, última consulta 14 de junio de 2012.

Clements, J.F. 2007. *The Clements Checklist of Birds of the World*, 6ª ed. Nueva York, Cornell University Press.
Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1999. *Ecorregiones de México*. Escala 1: 1000 000. México. 25 de septiembre de 2009. *http://conabioweb.conabio.gov.mx/metacarto/metadatos.pl*.
Cruz, M.A. 1986. *Contribución al conocimiento de la avifauna de los alrededores de la Laguna de Yuriria, del Bajío del estado de Guanajuato, México*, tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
Dávila, P. y V. Sosa. 1994. "El conocimiento florístico de México", *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **55**: 1-28.
Del Villar-González, D. 2000. "Principales vertebrados plaga en México: situación actual y alternativas para su manejo", *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **6**: 41-54.
Dugès, A. 1895. Fauna del estado de Guanajuato, en *Memoria sobre la administración pública del estado de Guanajuato presentada al congreso del mismo por el C. Gobernador constitucional Lic. Joaquín Obregón González, el 1 de abril de 1895*. Imprenta y litografía de la escuela IM Porfirio Díaz, Morelia, núm. 251.
———. 2003. *Notas de zoología tomadas durante mi estancia en México*. Cuaderno 2. Guanajuato, Universidad de Guanajuato, Dirección General de Extensión y Coordinación Editorial.
Estrada, H.A. 2000. "AICA 27: Sierra de Santa Rosa", en M. del C. Arizmendi y L. Márquez (eds.), *Áreas de importancia para la conservación de las aves en México. México*, Conabio.
Friedmann, H., L. Griscom y R.T. Moore. 1950. "Distributional Check-list of the birds of Mexico: Part 1", *Pacific Coast Avifauna* **29**: 1-202.
Gill, F.B. 2007. *Ornithology*, 3ª ed. Nueva York, W.H. Freeman and Co.
GBIF (Global Biodiversity Information Facility). 2009. Accessed through GBIF Data Portal, *www.gbif.net*, última consulta 25 de abril de 2009.
Gobierno Municipal de Guanajuato. 2001. *Diagnóstico y Programa de Manejo del Parque Ecológico El Orito*. Presidencia Municipal de Guanajuato, Secretaría de Desarrollo Social y Humano.
Gobierno del Estado de Guanajuato. 2008. Plan Estatal de Desarrollo 2030, en *http://www.guanajuato.gob.mx/plan2030/tomo1/medioambiente/pdf.portal.semarnat.gob.mx/guanajuato/contenido/04_recursos_naturales/03_vida_silvestre/03_vida_silvestre.html*.
González García, F. y H. Gómez de Silva. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación, en H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (eds.), *Conservación de Aves. Experiencias en México*. National Fish and Wildlife Foundation/ Conabio, pp. 150-194.
González, C.A.G. 2005. *La riqueza avifaunística como elemento para la conservación del bosque templado de la Sierra de Santa Rosa*, Guanajuato, Gto. México, Informe Final de Servicio Social. México, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-Xochimilco, pp. 1-75.
Guzmán, G.D. y O. Báez. 2009. Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Guanajuato (SANPEG). *Memorias del VII Congreso Nacional Sobre Áreas Naturales Protegidas de México*. San Luis Potosí, S.L.P., Conanp.
Hernández, N.E.M. y P.E. Moreno. 2009. Estudio de la avifauna del área natural protegida Cerro de Arandas, Irapuato, Guanajuato. *Memorias del VII Congreso Nacional sobre áreas naturales protegidas de México*. San Luis Potosí, S.L.P., Conanp.
Howell, S.N. y S. Webb. 1995. A *Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press.
Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2005. *Marco Geoestadístico Municipal*, II Conteo de Población y Vivienda 2005, Versión 1.0.
IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <Hyperlink "*http://www.iucnredlist.org*" *www.iucnredlist.org*>. última consulta 15 de junio de 2012.
Lawton, J.H. 1996. "Population abundances, geographic ranges and conservation: 1994 Witherby Lecture", *Bird Study* **43**: 3-19.
Lepage, D. 2009. Avibase. The world bird database, en *http://avibase.bsc-eoc.org/*, última consulta 4 de septiembre de 2009.
Leopold, A.S. 1977. *Fauna silvestre de México*. México, Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables (Imernar).
López-González, A., M.A. Gurrola y P. Escalante. 2008. *Avifauna de la Laguna de Yuriria y cerro Los Amoles, Guanajuato, México*. V Encuentro: Participación de la Mujer en la Ciencia, León, Guanajauto.
Macías-Caballero, C., E.E. Íñigo y E.C. Enkerlin. 2000. *Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Psitácidos en México*. México, Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap).

Márquez-Olivas, M., E. García-Moya, C. González-Rebeles *et al.* 2007. "Caracterización de sitios de percha del guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo mexicana*) en Sierra Fría, Aguascalientes, México", *Revista Mexicana de Biodiversidad* **78**: 163-173.

Miller, A.H., H. Friedmann, L. Griscom *et al.* 1957. "Distributional check-list of the birds of Mexico", part 2, *Pacific Coast Avifauna* **33**: 1-436.

Navarro, S.A.G., H.A. Garza-Torres, S. López de Aquino *et al.* 2004. *Patrones Biogeográficos de la Avifauna de la Sierra Madre Oriental, México*, en I. Luna-Vega, J.J. Morrone y D. Espinoza (eds.), *La Sierra Madre Oriental: Un enfoque multidisciplinario*. Facultad de Ciencias, UNAM, pp. 439-463.

Navarro-Sigüenza, A.G., A. Lira-Noriega, A.T. Peterson *et al.* 2007. *Diversidad, endemismo y conservación de las aves* en I. Luna-Vega, J.J. Morrone y D. Espinoza (eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*, UNAM, pp. 461-483.

Palacio-Prieto, J.L., G. Bocco, A. Velázquez *et al.* 2000. "La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000". Investigaciones Geográficas, *Boletín*, Instituto de Geografía, UNAM **43**: 183-203.

POGEG (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato). 2005. Año XCII, tomo CXLIII, núm. 192, *http://periodico.guanajuato.gob.mx*.

Ridgely, R.S., T.F. Allnutt, T. Brooks *et al.* 2007. Digital Distribution Maps of the Birds of the Western Hemisphere, version 1.0. NatureServe, Arlington, Virginia, USA.

Rzedowski, J., G. Calderón de Rzedowski y R. Galván. 1996. Nota sobre la vegetación y la flora del noreste del estado de Guanajuato, *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XIV.

Sánchez, de L.C.S. y J. de J. Álvarez. 1995. *Listado de la fauna del parque metropolitano, León, Guanajuato*. Universidad del Bajío-Parque Metropolitano de León.

Sandoval, M.R. 2004. Ficha informativa de los Humedales Ramsar (FIR). Laguna de Yuriria, Guanajuato. México. *http://www.ramsar.conanp.gob.mx/documentos/fichas/48.pdf,* última consulta 30 de abril de 2012.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2000. *Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los Psitácidos de México*. Instituto Nacional de Ecología, Subcomité Técnico Consultivo para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Psitácidos de México.

———. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. *Diario Oficial de la Federación* (*DOF*), 6 de marzo de 2002.

———. 2009*a*. Calendario de épocas hábiles de aprovechamiento de aves y mamíferos silvestres para la temporada 2009-2010 para cada una de las entidades federativas, en. *http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/vidasilvestre/Pages/*, última consulta 25 de noviembre de 2009.

———. 2009*b*. *Plan de manejo tipo para el manejo, conservación y aprovechamiento sustentable de aves acuáticas y playeras*. Subdirección de Gestión para la Protección Ambiental *http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/vidasilvestre/Pages/*, última consulta 25 de noviembre de 2009.

———. 2009*c*. *Plan de manejo tipo Aves Canoras y de Ornato*. Subdirección de Gestión para la Protección Ambiental.

———. 2009*d*. *Unidades intensivas de manejo para la conservación de la vida silvestre http://www.semarnat.gob.mx/estados/guanajuato/servicios/Documents/Subgesti%/20JUN-09.pdf,* última consulta 25 de noviembre de 2009.

———. 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de Diciembre de 2010.

——— /Conanp/IEE. 2005. *Estudio previo justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato*. Guanajuato.

Uriarte-Garzón, P. y E. Lozoya. 2009. *Manual del inventario de la fauna del área natural protegida "Cerro de Arandas" Irapuato, Gto*. Parque Ecológico de Irapuato, A.C.

Valverde, C.A. y O. Martínez. 2008. "Uso de hábitat del guajolote silvestre en la sierra de Jacales, Guanajuato", en C.A. Lara Rodríguez (ed.), VIII Congreso para el estudio y conservación de las aves en México. Consejo Internacional para la Preservación de las Aves, Sección Mexicana. Informe final SNIB-Conabio proyecto núm. GU003. México, p. 71.

Villaseñor, L.E. 2008. "Avifauna de la sierra de Los Agustinos", en L.E. Villaseñor (ed.), *Diagnóstico ambiental del área de uso sustentable Sierra de Los Agustinos, municipio de Acámbaro*. Ayuntamiento de Acámbaro, Guanajuato y Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., Editorial Universitaria, pp. 111-210.

MONITOREO DE AVES ACUÁTICAS DENTRO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA CERRO DE ARANDAS



Pedro Uriarte-Garzón

Durante los periodos de junio de 2007 a febrero de 2008 y de junio de 2008 a febrero de 2009 se realizaron 77 y 108 visitas, respectivamente, a las tres presas temporales del Área Natural Protegida Cerro de Arandas (ANPCA), presa La Joyita, presa El Porvenir y presa El Conejo, con el fin de monitorear la avifauna acuática que llega a ellas. Se realizó un listado de las especies presentes durante el primer periodo de estudio (junio 2007-febrero 2008) para conocer la riqueza específica de la zona; asimismo, se realizó una evaluación de las condiciones de los cuerpos de agua y principales zonas de distribución dentro de éstos. Durante el segundo periodo (junio 2008-febrero 2009), se monitorearon las poblaciones de aves de acuerdo a su época de llegada y hasta su partida. Los conteos se realizaron mediante transectos de extensión variable a lo largo de la orilla de las presas y mediante cinco puntos de conteo fijos para cada una de las presas con un radio de 50 metros. Se registraron un total de 33 especies de hábitos acuáticos, distribuidas en 13 familias y siete órdenes, lo que representa 28.2% de las 117 especies de aves en total encontradas dentro de la extensión del ANPCA (Uriarte-Garzón y Lozoya-Gloria, 2009).

A principios del mes de junio de 2007 y junio de 2008 se comienza a observar la llegada de aves acuáticas, siendo en la presa El Conejo donde se registran los primeros organismos y en el transcurso del mismo mes en las presas La Joyita y El Porvenir. Es en los meses de septiembre y octubre de ambos periodos, cuando se observa la mayor diversidad de especies y el aumento en las poblaciones; mientras que en el mes de noviembre y diciembre empiezan a declinar.

En total, se registraron 2 429 individuos promedio en ambas temporadas de las 33 especies acuáticas presentes. Las especies con mayor dominancia poblacional dentro del ANPCA son *Anas platyrhrynchos* (figura 1) con 560 individuos (23%), *Anas acuta* con 370 (15.2%), *Pelecanus erythrorhrynchos* (figura 2) con 350 (14.4%) y *Fulica americana* con 250 (10.29%). Mientras que las especies con mayor frecuencia de avistamiento durante todo el periodo fueron, *Fulica americana*, *Plegadis chihi y Egretta thula*.

La zona más importante para la llegada de aves acuáticas resultó ser la presa El Conejo, debido a que presenta una mayor extensión además de un considerable número de zonas de refugio y alimentación que no se observan en las presas La Joyita y El Porvenir. En la presa El Conejo se observó únicamente a poblaciones de aves playeras como *Tringa flaviceps, Tringa melanoleuca, Actitis macularia, Linmodromus scolopaceus* y *Phalaropus tricolor*; asimismo, en esa misma presa se observaron muy pequeñas y dispersas poblaciones de hasta cuatro individuos de *Gallinula chloropus* e individuos solitarios de *Jacana spinosa*. Las grandes poblaciones de *Pelecanus erythrorhrynchos* y algunos individuos de *Phalacrocorax brasilianus* y *Larus* sp. también se observaron únicamente en ese embalse.

A pesar del alto deterioro observado en la zona de estudio y de la constante presencia humana y paso vehicular, las presas temporales dentro del ANPCA reciben una importante población de aves acuáticas. Aunque durante los dos periodos de estudio las poblaciones estuvieron estables y se observó el mismo número de especies, además de un patrón de arribo y marcha muy similar en ambos periodos, los sitios de alimentación y descanso de las aves se modificaron ya que pudo observarse una disminución del espejo de agua en las tres presas de un periodo a otro, como consecuencia de las actividades agrícolas por expansión de zonas de cultivo y el azolvamiento en una de las presas para la extracción de materiales de construcción y ampliación de un camino rural dentro del área natural.

Uriarte-Garzón, P. 2012*b*. “Monitoreo de aves acuáticas dentro del Área Natural Protegida cerro de Arandas” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 255-256.

Es importante que se continúen con los monitoreos y censos de especies a largo plazo para conocer el comportamiento de las poblaciones y el estado de conservación de los humedales localizados dentro del ANPCA; que se regulen las actividades humanas que puedan seguir afectando la estabilidad de los embalses, ya que un deterioro mayor al existente reducirá drásticamente el arribo y la permanencia de las especies para la zona.



Figura 1. Grupo de patos altiplaneros *Anas platyrhynchos* descansado al atardecer dentro de la Presa El Conejo (fotografía de Pedro Uriarte Garzón).



Figura 2. Arribo de una bandada de pelícanos blancos *Pelecanus erythrorhrynchos* a la presa El Conejo. Al fondo se observa parte del Cerro de Arandas (fotografía de Pedro Uriarte Garzón).

Literatura Citada

Uriarte-Garzón P. y E. Lozoya-Gloria. 2009. *Manual del inventario de la fauna del Área Natural Protegida "Cerro de Arandas", Irapuato, Guanajuato.* Parque Ecológico de Irapuato, A.C.

ESTUDIO DE CASO

LA RIQUEZA AVIFAUNÍSTICA COMO ELEMENTO PARA LA CONSERVACIÓN DEL BOSQUE TEMPLADO DE LA SIERRA DE SANTA ROSA



Álvaro Guillermo González Carrillo

Introducción

La Sierra de Santa Rosa se localiza 5 km al norte de la ciudad de Guanajuato y presenta una topografía accidentada con un gradiente altitudinal que va desde los 2 100 a los 2 800 msnm (FundaE, 1992) (figura 1). Prevalece un clima templado subhúmedo con una temperatura media anual en la porción norte de 14 °C, mientras que en el extremo sur es de 17 °C (IEE, 1998).

En la sierra se pueden encontrar 14 especies de encino (Martínez y Téllez-Valdés, 2004), entre las que destacan: palo colorado (*Quercus reticulata*), palo blanco (*Q. glabrenses*), palo prieto (*Q. mexicana*), encino laurelillo (*Q. laurina*), roble colorado (*Q. fulva*), roble blanco (*Q. microphylla*) y bellota (*Q. castanea*). Hay una especie de árbol introducida, el eucalipto (*Eucalyptus* sp.), que se utilizó como medida emergente para evitar la erosión en sitios degradados en la zona. En el límite sur de la sierra se observa mayormente un matorral constituido por pingüica (*Arctostaphylos* sp.) que se presenta de forma abundante. Otras especies presentes son la jara (*Senecio* sp.), carde (*Cirsium sp.*) y varaduz (*Eysenhardtia polystachya*). El matorral xerófito aparece como vegetación secundaria, conformado principalmente por nopal (*Opuntia* sp.), garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), cardenche (*Opuntia imbricata*), ocotillo (*Dodonaea viscosa*), agave (*Agave* sp.) y comunidades aisladas de huisaches (*Acacia* sp.) y mezquites (*Prosopis* sp.) (IEE, 1998; IEE y GEG, 2003).

La Sierra de Santa Rosa sustenta aproximadamente 3 800 habitantes de 58 comunidades de tipo rural (CCG, 2003), las cuales han basado su economía en el aprovechamiento y comercialización de los recursos forestales como son la leña, la tierra de monte y la producción de carbón (Martínez, 1995). Brinda hábitat de descanso o de residencia a varias especies de aves, siendo considerada por CIPAMEX (2003) como Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA). Asimismo, Semarnap e INE (1999) reportan que funge como hábitat del símbolo de soberanía nacional, el águila real (*Aquila chrysaetos*), también registrada por FundaE (2004).

Con relación a la riqueza de aves del lugar, Estrada (1996) realizó estudios sobre su distribución y abundancia a través de cinco diferentes tipos de hábitat muestreados, lo que generó un listado que incluye a 112 especies de aves. Posteriormente, FundaE (1996) reportó una riqueza de 172 especies, entre residentes y migratorias.

Las aves pueden ser buenas indicadoras del estatus de otros taxa y del potencial de diversidad en áreas perturbadas (Wendt, 1995). También posibilitan la detección de problemas de trascendencia en el ambiente, antes de que éstos empiecen a afectar el bienestar de los humanos. Son un factor importante para el desarrollo social y cultural de las naciones, tanto por los servicios ecológicos que brindan (polinización, dispersión de semillas, control de plagas, indicadores ambientales) como por sus usos como alimento o mascotas, por su valor para actividades recreativas y comerciales y por su papel en el arte, la educación, la investigación, la cultura y la religión (Villaseñor y Santana, 2003).

Metodología

A partir de junio de 2003 hasta junio de 2004, se realizó un muestreo estacional de aves en cinco tipos de hábitats (cuadro 1) con el propósito de generar un listado actualizado de la riqueza de especies.

Se utilizaron transectos en franjas (Ralph *et al.*, 1994) en cinco hábitats diferentes durante

González-Carrillo, A. G. 2012. "La riqueza avifaunistica como elemento para la conservación del bosque templado de la Sierra de Santa Rosa" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 257-262.

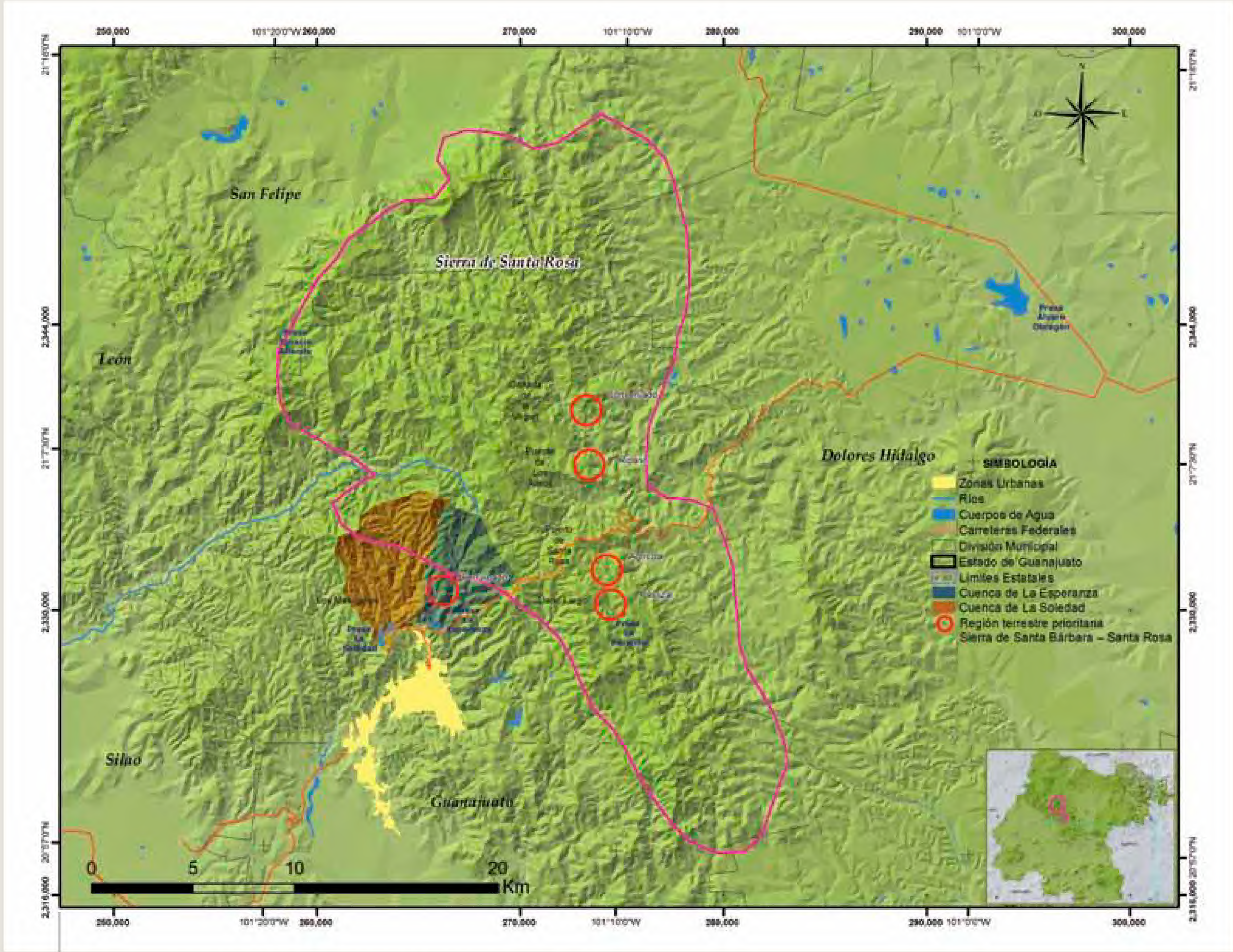


Figura 1. Polígono de la Sierra de Santa Rosa con hábitat de muestreo (IEE, 2004).

Cuadro 1. Descripción de hábitats muestreados en la Sierra de Santa Rosa.

Tipo de hábitat	Descripción
Bosque conservado	Bosque natural en buen estado, aunque hacen uso local de leña y producen carbón para su venta al exterior
Ribereño	Río perenne con vegetación aledaña de alisos (*Alnus* sp.), además de arbustiva.
Pastizal	Campos de pastos con un bosque de aprovechamiento forestal y un cuerpo de agua (Presa de Peralillo)
Agrícola	Campos de cultivos frutícolas especialmente y de otros cultivos agrícolas de autoconsumo. En este hábitat se localiza la comunidad de Puerto de Santa Rosa
Perturbado	Bosque con aprovechamientos forestales de maderables y no maderables, con actividades de ecoturismo y en el que además, se construye un fraccionamiento residencial. También, el hábitat está constituido por zonas de vegetación xerófita y un cuerpo de agua (Presa de la Esperanza)

600 horas de muestreo en campo, con observaciones matutinas (8 a 12 horas) y vespertinas (16 a 18 horas). El análisis bioestadístico de los datos fue realizado con la utilización del método multinomial (Christen y Nakamura, 2000), el cual consiste en registrar la presencia o ausencia de las especies en función de una medida de esfuerzo (días de muestreo), de lo que surge una curva de acumulación que muestra la probabilidad de encontrar cierta riqueza de especies en cada uno de los hábitat y en la Sierra en general.

Resultados

Se registraron 147 especies de aves distribuidas en 14 órdenes, 38 familias y 96 géneros, de los cuales, 19 fueron registros nuevos para la Sierra de Santa Rosa (cuadro 2), por lo que, tomando en cuenta los datos de FundaE (1996), la riqueza avifaunística incrementó a 190 especies, que corresponde a 51.9% de la riqueza estatal (Gurrola *et al*. 2012 en este Estudio de Biodiversidad de Guanajuato).

La riqueza de especies de aves varió conforme a la estacionalidad, siendo el hábitat ribereño el de mayor riqueza en el verano y otoño (78 y 80 especies, respectivamente), en el invierno fue el hábitat agrícola (70 especies) y en la primavera el hábitat conservado registró la mayor riqueza de especies (80 especies) respecto de los otros hábitats muestreados.

El hábitat de bosque conservado fue donde se registró el mayor número de familias con un total de 32, seguido por el bosque perturbado y el pastizal con 29 familias registradas. En el ribereño se registraron 28 familias y en el hábitat agrícola 26. Se registraron 13 especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales ocho se encuentran en la categoría de protección especial y cinco como amenazadas.

Conclusiones

El primer hábitat considerado como área focal para la conservación es el ribereño, ya que es donde se registró el mayor número de especies y, además, existe la presencia de *Aquila chrysaetos*, especie considerada como amenazada y bajo esquemas políticos de protección y de investigación para lograr su conservación. No obstante, en entrevistas realizadas en 2010, pobladores del lugar mencionan que hace alrededor de cinco años no se observa al águila real sobrevolando el lugar (González-Carrillo, datos sin publicar). En este hábitat se registró el mayor número de especies residentes (43 especies) (figura 2).

El hábitat conservado es el segundo lugar considerado como área focal, presentó una riqueza de 38 especies residentes y además se registraron organismos considerados bajo algún tipo de protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2001. (Semarnat, 2002).

Cuadro 2. Nuevos registros de aves para la Sierra de Santa Rosa.

Nombre científico.	Estación	Hábitat
Anas strepera	Invierno y primavera 2004	Perturbado
Pelecanus erythrorhynchos	Otoño 2003	Pastizal
Pandion haliaetus	Otoño 2003	Pastizal
Falco mexicanus	Invierno 2004	Agrícola
Cynanthus latirostris	Verano y otoño 2003, primavera y verano 2004	Registrado en los cinco hábitats
Selasphorus sasin	Verano 2003	Registrado en todos excepto en conservado
Trogon elegans	Verano 2003 y primavera 2004	Conservado
Empidonax oberholseri	Verano 2003, invierno y primavera 2004	Pastizal
Myiodynastes luteiventris	Verano 2002	Perturbado
Perisoreus canadensis	Otoño 2003	Conservado
Campylorhinchus brunneicapillus	Verano y otoño 2003 e invierno y primavera 2004	Ribereño
Salpinctes obsoletus	Verano 2003	Pastizal
Myadestes townsendi	Verano y otoño 2003	Conservado y ribereño
Hylocichla mustelina	Invierno 2004	Pastizal
Mimus polyglottos	Invierno 2004 y registrado en listado preliminar	Perturbado y conservado
Toxostoma rufum	Otoño 2003	Conservado
Piranga olivacea	Invierno 2004	Perturbado
Sturnella magna	Verano 2002	Conservado
Euphonia elegantissima	Primavera 2002	Perturbado



Figura 2. *Pipilo maculatus*, especie residente de la Sierra de Santa Rosa (fotografía de Yadira Fabiola Estrada Sillas).

El hábitat perturbado es el tercer lugar más rico en especies de aves, además de que es uno de los hábitats donde se registró más riqueza de especies migratorias. No obstante que este hábitat no sea considerado como área focal, es menester la aplicación de un mejor plan de aprovechamiento forestal y un ordenamiento territorial más estricto, ya que en sus límites se construye un fraccionamiento residencial lo que puede provocar el desplazamiento o la desaparición de ciertas especies de aves, sean residentes o migratorias.

El hábitat pastizal fue el que presentó una menor riqueza de especies residentes (23 especies), aunque fue también donde hubo más registros de aves rapaces, lo cual puede constituir un elemento importante para desarrollar actividades de turismo alternativo relacionadas con la observación de rapaces en beneficio igualmente de otras especies con las que conviven. Asimismo, se considera necesaria la implementación de una mejor vigilancia, ya que en el hábitat fueron vistos varias veces cazadores con rifles haciendo un aprovechamiento no regulado de los recursos naturales del lugar.

El hábitat agrícola fue el que menor riqueza de especies presentó, aunque, con respecto a las residentes, presentó una riqueza de 34 especies, que son más en comparación con el hábitat pastizal. Sin embargo, no es considerado como área focal para la conservación debido a la naturaleza de sus condiciones paisajísticas, lo cual puede ser un factor importante para mantener poblaciones de aves migratorias que no sean especialistas en cuanto a sus hábitos de alimentación y reproducción.

Consideraciones Finales

Así pues, mediante la presente investigación se encontró una riqueza de 147 especies de aves distribuidas a través de la Sierra de Santa Rosa, de las cuales cuatro especies son consideradas como endémicas de México, 19 semiendémicas y cuatro cuasi-endémicas, de acuerdo a González-García y Gómez de Silva (2003), sobre las que es necesario continuar los estudios para conocer las dinámicas de las poblaciones locales y migratorias, sus amenazas y tendencias de preservación a futuro, que tienen relación con los servicios ambientales vitales que brinda la Sierra de Santa Rosa.

Literatura Citada

Christen, A. y M. Nakamura. 2000. On the analysis of accumulation curves, *Biometrics* **56**: 748.

CIPAMEX (Consejo Internacional para la Conservación de las Aves-Sección México). 2003. *Áreas de importancia para la conservación de las aves*, en *http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/aicas.html*,

CCG (Cuerpos de Conservación de Guanajuato). 2003. *Programa de desarrollo sustentable de la Sierra de Santa Rosa, Gto.* Secretaría de Desarrollo Social y Humano del Gobierno del Estado de Guanajuato a través del Fondo de Apoyo a ONG. Guanajuato, México.

Estrada, H.M.A. 1996. *Estudio preliminar de la avifauna de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato*, México, tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ENEP-Iztacala, pp. 3-13.

FundaE (Fundación Ecológica de Guanajuato, A.C.). 1992. Proyecto Avifauna de la Sierra de Santa Rosa. Disponible en FundaE, km 10, carr. Guanajuato-Dolores Hidalgo, México, pp. 3-4.

———. 1996. Inventario de aves identificadas en los censos estacionales de otoño e invierno de 1993; primavera y verano de 1994; verano, otoño e invierno de 1995 y primavera y verano de 1996. Disponible en FundaE, km 10, carr. Guanajuato-Dolores Hidalgo, México, pp. 1-9.

———. 2004. Censo de Aves (2003-2004) en la Sierra de Santa Rosa, Gto. Disponible en FundaE, km 10, carr. Guanajuato-Dolores Hidalgo, México.

González-García, F. y H. Gómez de Silva. 2003. "Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación", en H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (eds.), *Conservación de Aves: experiencias en México*, National Fish and Wildlife Foundation/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), pp. 150-194.

IEE (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato). 1998. Programa de Manejo, Reserva de Conservación "Cuenca la Esperanza", Guanajuato, Gto. pp. 1-18.

———. 2004. Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Guanajuato (SANPEG), en *http:www.guanajuato.gob.mx/ieeg/recursos naturales*.

——— y GEG (Gobierno del Estado de Guanajuato). 2003. *Cuadernos municipales: información ambiental para el desarrollo sustentable, Dolores Hidalgo.* Guanajuato, México, IEG y GEG, pp. 25-52.

Martínez, M. 1995. *Los encinos de México.* Michoacán, México, Comisión Forestal. Michoacán, p. 13.

Martínez, J. y O. Telles-Valdés. 2004. "Listado florístico de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, Mex.", *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **74**: 31-49.

Ralph, C., G. Geupel, P. Pyle *et al.* 1994. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres.* Distribuido por Fundación Ecológica de Guanajuato, A. C. (FundaE) México.

Semarnap (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) e INE (Instituto Nacional de Ecología). 1999. *Programa de Protección, Conservación y Recuperación del Águila Real.*

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de diciembre de 2010.

Villaseñor, J. y E. Santana. 2003. "El monitoreo de poblaciones: herramienta necesaria para la conservación en México", en H. Gómez y A. Oliveras (eds.), *Conservación de Aves: experiencias en México*. México, CIPAMEX, pp. 224, 227, 237-239.

Wendt, J. 1995. *Birds as components of biological diversity in Mexico and Canada*, en Memorias del Simposio-Taller Conservación de las Aves Migratorias Neotropicales en México, pp. 37-41.

MAMÍFEROS SILVESTRES

Óscar Sánchez | Cynthia Elizalde-Arellano | Juan Carlos López-Vidal | Gloria Magaña-Cota
Guadalupe Téllez-Girón | Francisco Botello | Víctor Sánchez-Cordero

Introducción

Con la finalidad de analizar el conocimiento previo sobre los mamíferos silvestres del estado de Guanajuato y de actualizar el generado a finales del siglo XX y principios del XXI, un grupo conformado por investigadores de la Universidad de Guanajuato (UG), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y del Instituto Politécnico Nacional (IPN) han producido recientemente una serie de publicaciones sobre el tema (Mora, 2007; Iglesias *et al.*, 2008; Sánchez y Magaña-Cota, 2008; Sánchez *et al.*, 2009; Elizalde-Arellano *et al.* 2010; Sánchez *et al.*, en preparación). Como resultado de este análisis y actualización, se observa que en la década entre los años 1980 y 1990 se tenían registradas para el estado al menos 55 especies de mamíferos, según Arita (1993), o 59 según Ramírez-Pulido *et al.* (1986). Aunque más adelante se compilaron unos cuantos registros más, hechos por distintos autores (Ramírez-Pulido *et al.*, 2000), la percepción general continuó siendo que la diversidad de estas especies en el estado se encontraba escasamente estudiada (Flores-Villela *et al.*, 1994; Guevara-Chumacero *et al.*, 2001; León-Paniagua *et al.*, 2004). Los trabajos que los autores de la presente contribución han venido desarrollando han agregado numerosos registros de especies de mamíferos con lo cual, hasta ahora, el listado para el estado consta de 87 especies de mamíferos.

Antecedentes

Los primeros inventarios de mamíferos silvestres para la entidad se deben a la obra del ilustre naturalista francés Alfredo Dugès (1825-1910), quien se estableció en México y desarrolló sus trabajos durante la segunda mitad del siglo XIX. Sus contribuciones se encuentran publicadas principalmente en la revista *La Naturaleza* y, además de ocuparse de los mamíferos actuales, también incluyen la descripción de especies fósiles (Beltrán *et al.*, 1990). Alfredo Dugès también formó una colección de especímenes resguardada por la Universidad de Guanajuato y ahora, después de algunos análisis, sabemos que contiene los ejemplares científicos de mamíferos más antiguos en el país (Espinoza *et al.*, 2006; Magaña-Cota, 2006). Por otra parte, en su trabajo de ilustración científica se encuentran plasmadas 62 imágenes de mamíferos que contienen información sobre sinonimias, nombres comunes, fechas y lugares de procedencia. Un cuaderno de notas de zoología del propio Alfredo Dugès, recién publicado en forma póstuma (Magaña-Cota, 2008), contiene la descripción de 42 especies de mamíferos, aunque no todos son de Guanajuato. Después del trabajo de este ilustre naturalista a fines del siglo XIX y comienzos del XX, el estudio de los mamíferos del estado sólo avanzó en forma esporádica. Hasta un siglo después, en la década de 1980, el Instituto de Biología de la UNAM efectuó nuevas expediciones para conocer la mastofauna de la entidad, y a principios del siglo XXI se realizaron otras expediciones por parte de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, del Instituto Politécnico Nacional. No obstante estas actividades, aún quedan regiones poco exploradas en Guanajuato, por lo que se ha comenzado una nueva serie de trabajos, de iniciativa estatal por parte del Museo de Historia Natural Alfredo Dugès de la Universidad de Guanajuato y con la colaboración del Instituto de Biología de la UNAM, a fin de documentar mejor la diversidad de mamíferos de la entidad. También la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN continúa desarrollando actividades sobre este tema.

Descripción general del Orden Mammalia

Los mamíferos son un grupo de organismos vertebrados. Su principal característica es la

Sánchez-Herrera, Ó., C. Elizalde-Arellano, J. C. López-Vidal, *et al.* 2012. “Mamíferos silvestres” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 263-274.

presencia de glándulas mamarias que segregan leche con la que se alimenta a las crías durante los primeros meses de vida. Otras características de los mamíferos son la homeotermia (la capacidad de regular su temperatura de forma autónoma), la presencia de un diafragma muscular que separa la cavidad torácica de la abdominal, así como el revestimiento de pelos que presentan en toda la superficie del cuerpo. Muchos huesos del cráneo se han fusionado, tienen dientes muy especializados y presentan un paladar secundario, así como dos cóndilos occipitales que articulan el cráneo con la columna vertebral. El cerebro presenta gran complejidad, lo que se relaciona con la agudeza de los sentidos, por ejemplo, tienen un grupo de huesecillos en el oído medio que mejoran la transmisión del sonido y tienen un olfato muy desarrollado (Álvarez, 1973; MacDonald, 2006).

Diversidad del Orden Mammalia

En el mundo se conocen actualmente 5 488 especies de mamíferos (Wilson y Mittermeier, 2009; Vié *et al.*, 2009), de las cuales 523 especies se han registrado para México, cifra que ubica a nuestro país en el cuarto lugar a nivel mundial en diversidad de mamíferos, después de Indonesia que tiene 670, de Brasil con 648 y de China con 551 (Vié *et al.*, 2009). En México, los estados con mayor diversidad de mamíferos son Oaxaca (191 especies), Veracruz (170 especies) y Chiapas (166 especies), de acuerdo con Arita (1993).

Actualmente se conocen 87 especies para Guanajuato (cuadro 1). Los grupos con mayor número de especies son del Orden Rodentia (ratones, ardillas y tuzas) con 32 (36.8%), seguidas por 28 (32.2%) del Orden Chiroptera (murciélagos) y el Orden Carnivora con 16 (18.4%) (figura 1). Los grupos con menor número son los órdenes Lagomorpha (liebres y conejos) con cuatro (4.5%); Artiodactyla (venados, pecaríes y otros relacionados con tres (3.4%) (figura 2); Soricomorpha (musarañas), con dos (2.3%), y Cingulata (armadillos) y Didelphimorphia (marsupiales) con una especie cada uno (1.1%) (cuadro 1).

Las 55 especies registradas para Guanajuato hasta 1993 representaban 10.5% de la diversidad de mamíferos a nivel nacional y tan sólo 1% de los mamíferos del mundo. Las 87 especies que se tienen registradas actualmente representan 16.6% de la diversidad nacional y 1.6% de la mundial. El registro de 32 especies más en un lapso relativamente corto permite suponer una riqueza aún mayor todavía por documentarse. Por ahora las 87 especies registradas permiten reubicar a la entidad, antes considerada entre los estados de la república con escasa diversidad de mamíferos, como uno de los que posee una diversidad intermedia bajo los criterios de Arita (1993). Respecto a la representatividad de los Órdenes de mamíferos de Guanajuato respecto al total nacional, las especies del Orden Carnivora representan 50% del total nacional, al igual que las del Orden Artiodactyla (50%); las del Orden Lagomorpha 25.5%; las del Cingulata representan 25%; las especies del Orden Chiroptera 20.4%; las del Orden Rodentia 13.8%;

Cuadro 1. Órdenes, familias y nombres científicos de las especies de mamíferos actualmente registradas en el estado de Guanajuato.

Orden	Familia	Especie	Endémica al país	NOM-059	IUCN
Didelphimorphia	Didelphidae	*Didelphis virginiana*			LC
Cingulata	Dasypodidae	*Dasypus novemcinctus*			LC
Lagomorpha	Leporidae	*Lepus californicus*			LC
		Lepus callotis	Sí		NT
		Sylvilagus audubonii			LC
		Sylvilagus floridanus			LC
Rodentia	Sciuridae	*Sciurus aureogaster*			
		Sciurus oculatus	Sí	Pr	LC
		Spermophilus mexicanus			LC
		Spermophilus variegatus			LC

Cuadro 1. Continuación.

Orden	Familia	Especie	Endémica al país	NOM-059	IUCN
	Muridae	*Baiomys taylori*			LC
		Neotoma leucodon	Sí		LC
		Neotoma mexicana			LC
		Peromyscus difficilis	Sí		LC
		Peromyscus eremicus		A	LC
		Peromyscus gratus	Sí		LC
		Peromyscus levipes	Sí		LC
		Peromyscus maniculatus			LC
		Peromyscus melanophrys	Sí		LC
		Peromyscus melanotis	Sí		LC
		Peromyscus pectoralis			LC
		Reithrodontomys fulvescens			LC
		Reithrodontomys megalotis			LC
		*Oligoryzomys fulvescens**			LC
		Sigmodon fulviventer			LC
		Sigmodon hispidus			LC
		Sigmodon leucotis	Sí		LC
	Geomyidae	*Cratogeomys tylorhinus*	Sí		LC
		Cratogeomys zinseri	Sí		LC
		Thomomys umbrinus			LC
	Heteromyidae	*Liomys irroratus*			LC
		Perognathus flavus			LC
		Chaetodipus eremicus			LC
		Chaetodipus hispidus			LC
		Chaetodipus nelsoni	Sí		LC
		Dipodomys merriami			LC
		Dipodomys ordii			LC
		Dipodomys phillipsii	Sí	Pr	LC
Carnivora	Felidae	*Lynx rufus*			LC
		Puma concolor			LC
		Herpailurus yagouaroundi		A	LC
		Leopardus pardalis		P	LC
		Leopardus wiedii		P	NT
	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*			LC
		Canis latrans			LC
		Canis lupus		E	LC
	Mustelidae	*Mustela frenata*			LC
		Taxidea taxus		A	LC
	Mephitidae	*Mephitis macroura*			LC
		Spilogale gracilis			LC
		Conepatus leuconotus			LC
	Procyonidae	*Bassariscus astutus*			LC
		Nasua narica			LC
		Procyon lotor			LC
Soricomorpha	Soricidae	*Cryptotis parva*			LC
		Sorex saussurei			LC

Cuadro 1. Continuación.

Orden	Familia	Especie	Endémica al país	NOM-059	IUCN
Chiroptera	Mormoopidae	*Pteronotus parnellii*			LC
		Mormoops megalophylla			LC
	Phyllostomidae	*Desmodus rotundus*			LC
		Glossophaga soricina			LC
		Leptonycteris nivalis		A	EN
		Leptonycteris yerbabuenae		A	VU
		Anoura geoffroyi			LC
		Choeronycteris mexicana		A	NT
		Sturnira lilium			LC
		Sturnira ludovici			LC
		Artibeus jamaicensis			LC
		Artibeus lituratus			LC
		Dermanura azteca			LC
	Molossidae	*Tadarida brasiliensis*			LC
		Promops centralis			LC
	Vespertilionidae	*Parastrellus hesperus*			LC
		Antrozous pallidus			LC
		Baeodon alleni	Sí		LC
		Lasiurus blossevillii			LC
		Lasiurus cinereus			LC
		Corynorhinus mexicanus	Sí		NT
		Corynorhinus townsendii			LC
		Idionycteris phyllotis			LC
		Eptesicus fuscus			LC
		Myotis californicus			LC
		Myotis thysanodes			LC
		Myotis velifer			LC
		Myotis yumanensis			LC
Artiodactyla	Tayassuidae	*Pecari tajacu*			LC
	Antilocapridae	*Antilocapra americana**		P	LC
	Cervidae	*Odocoileus virginianus*			LC

Las categorías de protección y riesgo son, respectivamente: NOM-059-SEMARNAT-2010 (Pr: sujeta a protección especial, A: amenazada, P: en peligro de extinción) y UICN (2009) (LC: preocupación menor, NT: casi amenazado, VU: vulnerable, EN: en peligro). Para los nombres científicos se ha seguido la nomenclatura propuesta por Ramírez-Pulido *et al.* (2005), excepto para *Leptonycteris yerbabuenae*, nombre válido de acuerdo con los argumentos de Wilson y Reeder (2005).
* *Antilocapra americana y Oligoryzomys fulvescens* se han registrado de Guanajuato con base en restos óseos recuperados en excavaciones arqueológicas efectuadas en Cerro de la Mesa, Abasolo (Álvarez y Ocaña, 1999). Se les incluye provisionalmente en la lista, a reserva de que se aclare si esos restos pudieron ser de origen local o producto de intercambios con comunidades humanas de otras regiones.



Figura 1. Imagen de un tigrillo (*Leopardus wiedii*) en el municipio de Xichú, obtenida a través de cámaras trampa. La imagen se encuentra enmarcada en una ficha digital de fotocolecta (Botello *et al*., 2007), la cual contiene los datos básicos de localización, nombre de la especie, nombre del proyecto, colector, determinador y de quien realizó el montaje de la fotoficha, entre otros.

las del Orden Didelphimorphia el 12.5%, y del Orden Soricomorpha 6.6%.

Para dar una idea del estado que guardan las especies hasta ahora registradas, en el cuadro 1 se señalan las especies a las que se ha asignado algún estatus de riesgo/protección en la Norma Oficial NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010). Asimismo se indican las categorías de riesgo que, bajo criterios distintos a los de la NOM-059, consigna la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN) para especies que se conocen de Guanajuato.

Endemismos de mamíferos

Se denomina organismo endémico (a cualquier nivel taxonómico: especie, género, familia u otro) a aquel que tiene un área de distribución restringida a una región dada (Ceballos y Rodríguez, 1993). Para México se conocen actualmente 169 especies endémicas de mamíferos (Ramírez-Pulido *et al*., 2005), 80 de las cuales se encuentran en situación vulnerable según la UICN (Vié *et al*., 2009). En el caso particular de Guanajuato, la cifra de especies de mamíferos endémicas a México que están presentes en la entidad resulta un tanto confusa, puesto que según Flores-Villela y Gerez (1994) se contaron tan sólo cuatro especies endémicas de México, lo cual no coincide con las 10 registradas en 1993 (Flores-Villela *et al*., 1993). Con la actualización en el número de especies de mamíferos en la entidad, de las 87 especies registradas hasta el momento, 15 resultan endémicas al país de acuerdo con Ramírez-Pulido *et al*. (2005); 12 de ellas son roedores, entre los que se incluyen una ardilla (Sciúrido), dos tuzas (Geómidos), dos roedores de abazones (Heterómidos), siete roedores sin abazones (Múridos), una liebre y dos murciélagos. El hecho de que la mayor parte de los mamíferos endémicos de México sean roedores obedece a que éste es el grupo con mayor número de especies en el país, además de que estos organismos se desplazan distancias cortas por lo que su capacidad de dispersión es escasa, favoreciendo la evolución de nuevas especies en territorios topográficamente complejos. En el caso de los murciélagos, su capacidad de volar explica en parte que el número de especies endémicas sea menor (Ceballos *et al*., 2002). Los territorios silvestres de Guanajuato



Figura 2. Imagen de un venado (*Odocoileus virginianus*) en el municipio de Xichú. Imagen obtenida a través de cámaras trampa. La imagen se encuentra enmarcada en una ficha digital de fotocolecta (Botello *et al*., 2007), la cual contiene los datos básicos de localización, nombre de la especie, nombre del proyecto, colector, determinador y de quien realizó el montaje de la fotoficha, entre otros.

ofrecen oportunidades para preservar estos procesos ecológicos y evolutivos.

Distribución geográfica

Los mamíferos silvestres habitan casi todo tipo de ambientes, incluyendo bosques templados, selvas tropicales y subtropicales y desiertos. Unas cuantas especies han logrado adaptarse a los cambios y disturbios causados por actividades humanas, como la transformación de las áreas de vegetación natural en campos para la agricultura, ganadería u otro tipo de usos no industriales. La invasión de territorios silvestres por este tipo de actividades puede favorecer conflictos, especialmente relacionados con las especies más adaptables (principalmente roedores). Otras especies son muy sensibles a estas perturbaciones y ven restringidas sus áreas de distribución, por lo cual sólo subsisten en las áreas mejor conservadas cuando les es posible o, de lo contrario, terminan por ser extirpadas local o regionalmente. Aún no se conoce con suficiente detalle la distribución de las especies en Guanajuato, pero es un indicio alentador que provengan de diferentes regiones del estado, como se ha señalado en varios estudios y publicaciones: Ramírez-Pulido *et al.* (1986) y Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1994), Villa-R. y Cervantes (2003), Sánchez y Magaña-Cota (2008), Iglesias *et al.* (2008), Sánchez *et al.* (2009), Elizalde-Arellano *et al.* (2010) y Sánchez *et al.* (en preparación); principalmente se conocen registros del centro del estado y del noreste del mismo. Se espera que nuevos estudios en curso contribuyan a lograr una mejor cobertura.

Importancia de los mamíferos en guanajuato

Los mamíferos están entre los vertebrados de mayor interés para las personas, tanto aquellas de áreas rurales como urbanas. Este interés va desde la simple curiosidad hasta el uso de algunas especies para subsanar el déficit de proteínas en la dieta, especialmente en regiones de alta marginalidad rural. Pero los mamíferos conocidos de Guanajuato tienen importancia desde otros puntos de vista, especialmente como componentes de la biodiversidad nativa y como actores de distintos fenómenos ecológicos y evolutivos en ecosistemas naturales, además de ser elementos importantes en el desarrollo cultural de la entidad. En el cuadro 2 se encuen-

tran resumidos los hábitos alimenticios y la forma de vida para los 55 géneros de mamíferos del estado. Cada forma de vida y tipo de alimentación juegan un papel importante en el mantenimiento de las funciones internas de los ecosistemas y de los servicios ambientales que prestan a la vida humana.

Desde el punto de vista económico, los mamíferos de la entidad han representado desde hace mucho tiempo un recurso valioso, especialmente como piezas de caza para el consumo de las primeras comunidades humanas que llegaron al territorio. Luego, con el advenimiento de la agricultura y la ganadería y más tarde el desarrollo industrial y la urbanización, la disponibilidad de comestibles variados causó que el uso directo de los mamíferos silvestres para consumo propio quedara restringido básicamente a comunidades rurales marginadas, como continúa hasta la fecha. Sin embargo, en el contexto social actual, las especies de tallas mayores vuelven a ser objeto de interés, al representar un potencial de ingreso económico para comunidades rurales que, mediante esquemas de protección y uso sustentable de la biodiversidad plasmados en la ley, dan oportunidad para su utilización conservando sus ecosistemas y los de las propias especies. Para ello es indispensable conocer mejor la situación de las poblaciones silvestres del estado a escala regional y diseñar programas de conservación adecuados (Sánchez, 2000).

Respecto a la importancia de los mamíferos para la salud humana, se puede considerar que algunas poblaciones de mamíferos silvestres pueden ser portadoras de algunas enfermedades virales como la rabia y hantavirus, u hongos como el de la histoplasmosis. Con la constante disminución de las áreas naturales y la invasión humana de territorios silvestres aumenta la probabilidad de que estas enfermedades representen problemas de salud, lo que resalta la necesidad de moderar el crecimiento urbano y conservar el medio natural y las poblaciones de mamíferos (Flores y Morales, 2001; Suzán *et al.*, 2001). No obstante, la incidencia de enfermedades de los mamíferos silvestres en la salud humana, tomando como un ejemplo la rabia paralítica bovina (principalmente transmitida en sitios rurales por el murciélago *Desmodus rotundus*), suele ser poco significativa y se tiene bajo control (Sagarpa, 2010).

Estado de conservación de los mamíferos y amenazas para la mastofauna en el estado

Las especies enlistadas para Guanajuato aún no han sido objeto de estudios de evaluación de sus poblaciones, por lo que el estado de conservación en la entidad y sus regiones aún no se puede definir. Sin embargo, algunas de ellas se encuentran en algún estatus de protección a escala nacional, como se muestra en los cuadros 1 y 3 en referencia a la NOM-059-ECOL-2010 (Semarnat, 2010).

La protección de los mamíferos de Guanajuato puede estar favorecida por la existencia de áreas naturales protegidas (ANP) que cuentan con decreto oficial, aunque esto no es garantía, ya que no necesariamente todas las ANP poseen los recursos para una vigilancia estricta y para realizar acciones de conservación y restauración del hábitat nativo, así como para aplicar programas educativos, sociales y económicos encaminados al desarrollo sustentable. En otras áreas aún se mantienen especies en estado silvestre, particularmente en extensiones despobladas y que, por su amplitud, aún les ofrecen cierta protección contra incursiones humanas masivas. Salvo áreas de relieve muy abrupto, en otras extensiones existe siempre el riesgo de alteración o pérdida del hábitat natural. Algunas organizaciones civiles han tratado de ocuparse de mantener silvestres algunas áreas, con diferentes grados de éxito (por ejemplo en el río Laja). Algunos propietarios de tierras han optado por ingresar sus predios en el esquema oficial de UMA, aunque sus esfuerzos se han dirigido básicamente a fomentar las poblaciones locales de especies de interés directo, incluso modificando el ambiente silvestre con ese propósito, lo cual no necesariamente es favorable en igual medida para otras especies silvestres importantes.

Como en muchas partes del planeta, en el estado los principales factores que amenazan la riqueza y la supervivencia continua de los mamíferos silvestres son, probablemente en este orden de importancia: pérdida de superficie de hábitat silvestre original, principalmente por cambios drásticos de uso del suelo; alteración de las

Cuadro 2. Descripción de los nombres más comunes, las tallas, nichos alimentarios y modos de vida de los géneros de mamíferos silvestres conocidos de Guanajuato hasta la fecha. Algunos géneros tienen una sola especie, en tanto que otros incluyen varias (véase el cuadro 1).

Género zoológico	Nombres comunes	Talla	Nicho alimentario	Modo de vida
Didelphis	Tlacuache	Pequeña	Omnívoro	Terrestre, principalmente nocturno
Dasypus	Armadillo	Pequeña	Omnívoro	Terrestre, diurno y nocturno
Lepus	Liebre	Pequeña	Herbívoro	Terrestre, diurno y nocturno
Sylvilagus	Conejo	Pequeña	Herbívoro	Terrestre, diurno y nocturno
Sciurus	Ardilla de árbol	Pequeña	Omnívoro – granívoro	Arborícola, principalmente diurno
Spermophilus	Ardilla de tierra	Pequeña	Omnívoro – granívoro	Terrestre, principalmente diurno
Baiomys	Ratón de matorral	Muy pequeña	Granívoro	Terrestre, nocturno
Neotoma	Rata de monte	Pequeña	Granívoro	Terrestre, nocturno
Peromyscus	Ratón campestre	Muy pequeña	Granívoro	Terrestre, nocturno
Reithrodontomys	Ratón trepador	Muy pequeña	Granívoro	Terrestre y arborícola, nocturno
Sigmodon	Rata espinosa	Muy pequeña	Granívoro	Terrestre, nocturno
Cratogeomys	Tuza grande	Pequeña	Radicívoro	Subterráneo
Thomomys	Tuza enana	Muy pequeña	Radicívoro	Subterráneo
Liomys	Ratón espinoso	Muy pequeña	Granívoro	Terrestre, nocturno
Perognathus	Ratón canguro liso	Muy pequeña	Granívoro	Terrestre, nocturno
Chaetodipus	Ratón canguro espinoso	Muy pequeña	Granívoro	Terrestre, nocturno
Dipodomys	Rata canguro	Muy pequeña	Granívoro	Terrestre, nocturno
Lynx	Gato montés	Mediana	Carnívoro	Terrestre, diurno y nocturno
Puma	Puma	Grande	Carnívoro	Terrestre, diurno y nocturno
Herpailurus	Yaguarundi, onza	Mediana	Carnívoro	Terrestre, diurno y nocturno
Leopardus	Ocelote y margay	Mediana	Carnívoro	Terrestre, diurno y nocturno
Urocyon	Zorra gris	Mediana	Omnívoro	Terrestre, diurno y nocturno
Canis	Coyote y lobo	Mediana	Carnívoro, omnívoro	Terrestre, diurno y nocturno
Mustela	Comadreja	Pequeña	Carnívoro	Terrestre, diurno y nocturno
Taxidea	Tlalcoyote	Mediana	Carnívoro	Terrestre, diurno y nocturno
Mephitis	Zorrillo común	Pequeña	Omnívoro	Terrestre, principalmente nocturno
Spilogale	Zorrillo enano	Pequeña	Omnívoro	Terrestre, principalmente nocturno
Conepatus	Zorrillo de trompa	Pequeña	Omnívoro	Terrestre, principalmente nocturno
Bassariscus	Cacomiztle	Pequeña	Omnívoro	Terrestre, nocturno
Nasua	Pizote o coatí	Mediana	Omnívoro	Terrestre, diurno y nocturno
Procyon	Mapache	Mediana	Omnívoro	Terrestre, diurno y nocturno
Cryptotis	Musaraña de matorral	Muy pequeña	Insectívoro	Terrestre, nocturno
Sorex	Musaraña de bosque	Muy pequeña	Insectívoro	Terrestre, nocturno
Pteronotus	Murciélago bigotudo	Muy pequeña	Insectívoro	Volador, nocturno
Mormoops	Murciélago fantasma	Muy pequeña	Insectívoro	Volador, nocturno
Desmodus	Murciélago vampiro	Muy pequeña	Hematófago	Volador, nocturno
Glossophaga	Murciélago mielero	Muy pequeña	Polinívoro y nectarívoro	Volador, nocturno
Leptonycteris	Murciélago de lengua larga	Muy pequeña	Polinívoro y nectarívoro	Volador, nocturno
Anoura	Murciélago mielero rabón	Muy pequeña	Polinívoro y nectarívoro	Volador, nocturno
Choeronycteris	Murciélago hocicudo	Muy pequeña	Polinívoro y nectarívoro	Volador, nocturno
Sturnira	Murciélago de charreteras	Muy pequeña	Frugívoro	Volador, nocturno
Artibeus	Murciélago frutero	Muy pequeña	Frugívoro	Volador, nocturno
Dermanura	Murciélago frutero menor	Muy pequeña	Frugívoro	Volador, nocturno
Tadarida	Murciélago guanero	Muy pequeña	Insectívoro	Volador, nocturno

Cuadro 2. Continuación.

Género zoológico	Nombres comunes	Talla	Nicho alimentario	Modo de vida
Promops	Murciélago mastín mayor	Muy pequeña	Insectívoro	Volador, nocturno
Parastrellus	Murcielaguito	Muy pequeña	Insectívoro	Volador, nocturno
Antrozous	Murciélago pálido	Muy pequeña	Insectívoro	Volador, nocturno
Rhogeessa (Baeodon)	Murcielaguito de Allen	Muy pequeña	Insectívoro	Volador, nocturno
Lasiurus	Murciélago peludo	Muy pequeña	Insectívoro	Volador, nocturno
Corynorhinus	Murciélago orejas de mula	Muy pequeña	Insectívoro	Volador, nocturno
Idionycteris	Murciélago orejón del desierto	Muy pequeña	Insectívoro	Volador, nocturno
Eptesicus	Murciélago café	Muy pequeña	Insectívoro	Volador, nocturno
Myotis	Murciélago común	Muy pequeña	Insectívoro	Volador, nocturno
Pecari	Pecarí de collar	Mediana	Omnívoro	Terrestre, diurno y nocturno
Odocoileus	Venado cola blanca	Grande	Herbívoro	Terrestre, diurno y nocturno

Cuadro 3. Especies de mamíferos silvestres de Guanajuato asignadas a alguna categoría de riesgo y protección en la Norma Oficial NOM-059-SEMARNAT-2010, y su relación con las áreas naturales protegidas (ANP) dentro del estado.

Taxón	Endémico a México	Categoría de riesgo y protección nacional (NOM-059)	Relación con las Áreas Naturales Protegidas de Guanajuato
Canis lupus baileyi	No	Posiblemente extinta en el medio silvestre	Hoy extirpado, cuando menos de Guanajuato.
Herpailurus yagouaroundi	No	Amenazada	Sierra Gorda de Guanajuato
Leopardus pardalis	No	En peligro	Sierra Gorda de Guanajuato
Leopardus wiedii	No	En peligro	Sierra Gorda de Guanajuato
Taxidea taxus	No	Amenazada	No dispone de datos
Dipodomys phillipsii	Sí	Sujeta a protección especial	Sierra Gorda de Guanajuato; posiblemente también en Peña Alta, el Zamorano y quizá parte de Sierra de Lobos
Sciurus oculatus	Sí	Sujeta a protección especial	Posiblemente Sierra de Santa Rosa
Choeronycteris mexicana	Casi	Amenazada	Posiblemente en todas las existentes en Guanajuato
Leptonycteris nivalis	Casi	Amenazada	Posiblemente en todas las existentes en Guanajuato
Leptonycteris yerbabuenae (aparece como *L. curasoae* en la NOM-059)	No	Amenazada	Al menos en la Sierra Gorda de Guanajuato

Algunas especies como *Chaetodipus penicillatus, Dipodomys merriami, Peromyscus eremicus, P. maniculatus, Lepus californicus, Bassariscus astutus, Cryptotis parva y Sorex saussurei* aparecen en las listas de la NOM-059, sin embargo, ese documento oficial se refiere a otras subespecies de esos taxones (razas geográficas) muy distintas a las presentes en Guanajuato, por lo que no se incluyen en este cuadro.

cualidades originales de la vegetación silvestre; fragmentación de los espacios naturales, que deja sólo un mosaico de parches, usualmente muy pequeños e incomunicados entre sí; caza furtiva, y destrucción vandálica de animales. Las especies introducidas desde otras partes del planeta o del país, con capacidad invasora y competitiva también representan riesgos. Otros más son los atropellamientos en carreteras y los efectos directos e indirectos de la contaminación.

Necesidades y prioridades para la conservación de los mamíferos

Se requiere realizar varias de las siguientes acciones, en orden de importancia: continuar con el estudio de biodiversidad de los mamíferos del estado, detectar las áreas más relevantes para la conservación de cada especie, iniciar el estudio de poblaciones de especies ya confirmadas y establecer un programa de monitoreo continuo que evalúe en forma suficiente la situación de las poblaciones de mamíferos silvestres en los sitios de mayor relevancia. Sólo con datos de este tipo se podrán establecer programas de conservación y las prioridades de los mismos.

Conclusión General

El conocimiento sobre la diversidad de mamíferos en el estado se ha incrementado recientemente y es muy probable que esta tendencia continúe, ya que aún quedan regiones por explorar, lo que permitirá obtener un panorama más claro de este grupo de vertebrados. Actualmente estamos consolidando la información para un compendio estatal de los mamíferos silvestres.

En relación con las especies que se consideran actualmente en algún estatus de riesgo/protección es recomendable investigar la situación de sus poblaciones en la entidad, para saber cómo se compara el estatus nacional (o internacional) con las condiciones reales de estas especies en el estado. Hecho este diagnóstico, es recomendable establecer programas de conservación para favorecer su permanencia en sitios silvestres y aminorar los riesgos que los amenazan actualmente. También es necesario recabar mejores datos acerca de la importancia de los mamíferos en Guanajuato, especialmente sobre sus distintos usos actuales y las magnitudes de éstos.

Agradecimientos

El Museo de Historia Natural Alfredo Dugès agradece el financiamiento de los siguientes proyectos, que han apoyado el estudio de los mamíferos del estado de Guanajuato: CONCYTEG (convenios: 04-07-A-051, 08-16-K662-081, 08-16-K662-087). Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (convenios IEG/DJ/FOAM/UNIVERSIDAD DE GTO/02/2005, IEE/DAJ/UG/ANP SIERRA GORDA/16/2008) y la Carretera Salamanca-Morelia, S. A. de C. V.

F. Botello agradece al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM y al Conacyt (CVU 48454).

El Laboratorio de Cordados Terrestres de la ENCB, IPN, agradece a Raúl Hernández Arciga, Enrique Q. Uhart, Ismael Campos-Rodríguez, Lesley Chambert, Carmen Díaz, Brenda Córdoba, Jaime Muñoz de la Tijera (Regidor de San Luis de La Paz en 2003) y al ingeniero José Eduardo Domínguez Rangel (Director General de Fomento y Desarrollo Económico del Municipio de San Luis de la Paz en 2003). A la Semarnat que otorgó las licencias de Colector Científico FAUT-0138 (a JCLV) y FAUT-0139 (a CEA).

Óscar Sánchez expresa su agradecimiento a los curadores de las siguientes colecciones científicas de mamíferos: (Sharon Jansa, Bell Museum of Natural History; Maria Rutzmoser, Harvard University; Barbara Lundrigan y Laura Abraczinskas, Michigan State University; Robert J. Baker y Heather Garner, Texas Tech University; Robert M. Timm, University of Kansas; Fernando Cervantes, Universidad Nacional Autónoma de México (asimismo a Guillermina Urbano, anterior curadora); y Ned Gilmore, Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Las exploraciones efectuadas en la década de 1980 por el Instituto de Biología de la UNAM fueron financiadas por el Convenio UNAM/BID/Conacyt; durante el trabajo de campo colaboraron William López-Forment, Rodrigo Medellín, Juan Galván, Patricia Rojas, Jesús Pacheco y Jesús Ramírez.

Literatura citada

Álvarez, J. 1973. *Los cordados. Origen, evolución y hábitos de los vertebrados.* México, Compañía Editorial Continental.

Álvarez, T. y A. Ocaña. 1999. *Sinopsis de restos arqueozoológicos de vertebrados terrestres. Basada en informes del laboratorio de Paleozoología de INAH. Instituto de Antropología e Historia* (*INAH*), Colección Científica 386, pp. 1-108.

Arita, H.T. 1993. "Riqueza de especies de la mastofauna de México", en R. A. Medellín, G. Ceballos (eds.), *Avances en el Estudio de los Mamíferos de México, vol. I. México, Asociación Mexicana de Mastozoología,* A.C., Publicaciones Especiales, pp. 109-128.

Beltrán, E., C.A. Jáuregui y A.R. Cruz. 1990. *Alfredo Dugès.* Gobierno del Estado de Guanajuato.

Botello, F.J., G. Monroy, P. Illoldi *et al.* 2007. "Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha", *Revista Mexicana de Biodiversidad* **78**: 207-210.

Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales J. y R.A. Medellín. 2002. "Mamíferos de México", en G. Ceballos y J.A. Simonetti (eds.), *Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales.* México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiersidad (Conabio)/Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), pp. 377-413.

———, G. y P. Rodríguez. 1993. "Diversidad y conservación de los mamíferos de México: II. Patrones de endemicidad", en R. Medellin y G. Ceballos (eds.) *Avances en el estudio de los mamíferos de México,* vol. I., México, Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C., Publicaciones Especiales, pp. 87-108.

Elizalde-Arellano, C., J.C. López-Vidal, E.Q. Uhart *et al.* 2010. "Nuevos registros y extensiones de distribución de mamíferos para Guanajuato", *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) **26**: 73-98.

Espinoza, E., C. Lorenzo y M. Briones. 2006. "Integración del conocimiento de las colecciones mastozoológicas de México", en C. Lorenzo, E. Espinoza, M. Briones *et al.* (eds.), *Colecciones mastozoológicas de México.* México, Instituto de Biología-UNAM.

Flores, L. y J. Morales. 2001. "Situación de los Hantavirus en México", *Enf. Infect. Microbiol.* **21** (supl.): 575.

Flores-Villela, O. y A.G. Navarro. 1993. "Un análisis de los vertebrados terrestres endémicos de Mesoamérica en México", en volumen especial sobre Biodiversidad Biológica de México, *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, sin número de páginas.

———, O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo.* Facultad de Ciencias, UNAM.

Guevara-Chumacero, L.M., R. López-Wilchis y V. Sánchez-Cordero. 2001. "105 años de investigación Mastozoológica en México (1890-1995): una revisión de sus enfoques y tendencias", *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) **83**: 35-72.

Iglesias, J., V. Sánchez-Cordero, G. Magaña-Cota *et al.* 2008. "Noteworthy records of margay, *Leopardus wiedii and ocelot Leopardus pardalis in the state of Guanajuato, Mexico", Mammalia* **72**: 347-349.

IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales). 2009. UICN *Red List of Threatened Species.* Versión 2009.2, en *www.iucnredlist.org*, última consulta 8 de diciembre de 2009.

León-Paniagua, L., E. García, J. Arroyo-Cabrales *et al.* 2004. "Patrones biogeográficos de la mastofauna", en I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental.* México Las Prensas de Ciencias, pp. 469-485.

MacDonald, D. 2006. *La gran enciclopedia de los mamíferos.* México, Diana/LIBSA.

Magaña-Cota, G. 2006. "Colección de mamíferos del Museo de Historia Natural Alfredo Dugès de la Universidad de Guanajuato", en C. Lorenzo, E. Espinoza, M. Briones *et al.* (eds.), *Colecciones mastozoológicas de México.* México, Instituto de Biología-UNAM.

——— (Coord.). 2008 Alfredo Dugès: Notas de zoología tomadas durante mi estancia en México, Cuaderno 2. Universidad de Guanajuato, Guanajuato, 362 pp. (publicación póstuma de apuntes A. Dugès).

Mora, V.A. 2007. *Composición y aspectos tróficos de la quiropterofauna de San Luis de la Paz, Guanajuato*, tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Intituto Politécnico Nacional (IPN).

Ramírez-Pulido J., M.C. Britton, A. Perdomo *et al.* 1986. *Guía de los mamíferos de México, referencias hasta 1983.* México, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-Iztapalapa.

——— y A. Castro-Campillo 1994. *Bibliografía reciente de los mamíferos de México* 1989/1993. México, UAM-Iztapalapa.

———, A. Castro-Campillo, M.A. Armella *et al*. 2000. *Bibliografía reciente de los mamíferos de México* 1994-2000. México, UAM- Iztapalapa.

———, J. Arroyo-Cabrales y A. Castro-Campillo. 2005. "Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México", *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) **21**: 21-82.

Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2010. *Situación Zoosanitaria en los Estados de la República Mexicana* (2 de agosto 2010). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Dirección General de Salud Animal. Dirección de Vigilancia Epidemiológica, en *http://www.senasica.gob.mx/?doc=265*, última consulta 20 de septiembre de 2010.

Sánchez, O. 2000. Programas de conservación de vida silvestre: diseño, ejecución y seguimiento, en O. Sánchez, C. Donovarros-Aguilar y E. Sosa (eds.), *Conservación y Manejo de Vertebrados en el trópico de México*. México, Unidos para la Conservación (UPC)/Sierra Madre, Dirección General de Vida Silvestre (DGVS)/ Semarnap, Instituto Nacional de Ecología (INE)/Semarnap, Conabio, United States Fish & Wildlife Service (U.S.F&W.S.PC), Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia (FMVZ)/Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), pp. 19-34.

——— y G. Magaña-Cota. 2008. Murciélagos de Guanajuato: perspectiva histórica y actualización de su conocimiento, Dirección de Investigación y Posgrado, Universidad de Guanajuato (UG), *Acta Universitaria* **18**: 27-39.

———, G. Téllez-Girón y G. Magaña-Cota. 2009. Registros adicionales de murciélagos para Guanajuato, Dirección de Investigación y Posgrado, Universidad de Guanajuato, *Acta Universitaria* **19**: 40-47.

———, G. Téllez-Girón, G. Magaña-Cota *et al*. En preparación. *Mamíferos no voladores de Guanajuato, México: una primera revisión y nuevos registros estatales.*

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de Diciembre de 2010.

Suzán, G., G. Ceballos, J. Mills *et al*. 2001. "Serological Evidence of Hantavirus Infection in Sigmodontinae Rodents in Central Mexico", *Journal of Wildlife Diseases* **37**: 391-393.

Vié, J.C., C. Hilton-Taylor y S.N. Stuart (eds.). 2009. *Wildlife in a Changing World – an Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species*. Gland Switzerland: IUCN.

Villa-R., B. y F.A. Cervantes. 2003. *Los mamíferos de México*. Grupo Editorial Iberoamericana.

Wilson, D.E. y R.A. Mittermeier (eds.), 2009. *Handbook of the mammals of the world*, vol. I, Carnivores. Barcelona, Lynx editions.

——— y D.M. Reeder (eds.). 2005. *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference*, 3ª. ed., Johns Hopkins University Press, 2.



DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS MEDIANOS Y GRANDES EN EL MUNICIPIO DE XICHÚ

Jesús Antonio Iglesias Hernández | Víctor Sánchez-Cordero | Gloria Eugenia Magaña-Cota
Ricardo Bolaños Martínez | Francisco Javier Botello López

Introducción

El estado de Guanajuato se ubica en la zona centro del país, su posición geográfica lo coloca en donde dos zonas geográficas, la Neártica y la Neotropical se entremezclan. Según Flores-Villela y Gerez, 1994, por sus características fisiográficas y ambientales, debería ser considerado como un estado diverso en flora y fauna, sin embargo, los estudios acerca de los mamíferos, son pocos, considerando que tal conocimiento inició con la obra del naturalista Alfredo Dugès, a finales del siglo XIX.

En la actualidad, uno de los métodos más utilizados para el estudio de mamíferos medianos y grandes es el uso de cámaras trampa (fototrampeo), técnica que utiliza cámaras fotográficas activadas mediante sensores de movimiento o temperatura y que es muy eficiente para realizar inventarios y estudios poblacionales de mamíferos, es un método no invasivo que reduce la alteración del medio ambiente de los mamíferos (Botello *et al*., 2007).

El trabajo de campo se realizó en la comunidad de El Platanal, municipio de Xichú, del año 2007 al 2008 y se colocaron 15 cámaras trampa (Sthealt-Cam TM análogas 35 mm), que fueron sujetadas al tronco de un árbol, a unos 30 centímetros del suelo. Las trampas se cebaron con atún y sardina.

Se obtuvieron 341 fotografías en las que se registraron 13 especies de mamíferos pertenecientes a nueve familias y siete ordenes: tlacuache (*Didelphis virginiana*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), conejo (*Sylvilagus floridanus*), ardilla (*Sciurus aureogaster*), puma (*Puma concolor*, figura 1), ocelote (*Leopardus pardalis*), margay (*Leopardus wiedii*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), zorrillo (*Conepatus leuconotus*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), tejón (*Nasua narica*), mapache (*Procyon lotor*) y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). Cabe resaltar que *L. pardalis y L. wiedii* son nuevos registros para el estado (Iglesias *et al*., 2008).

Los estudios de abundancia permiten identificar cuáles son las especies que por su baja cantidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales (Pérez-Irineo, 2008), como es el caso de *L. wiedii y L. pardalis*, catalogadas en peligro de extinción, y que son dos de las especies que se encuentran más vulnerables ante la pérdida de hábitat (Iglesias *et al*., 2008). Por esta razón, la zona de la reserva estudiada se

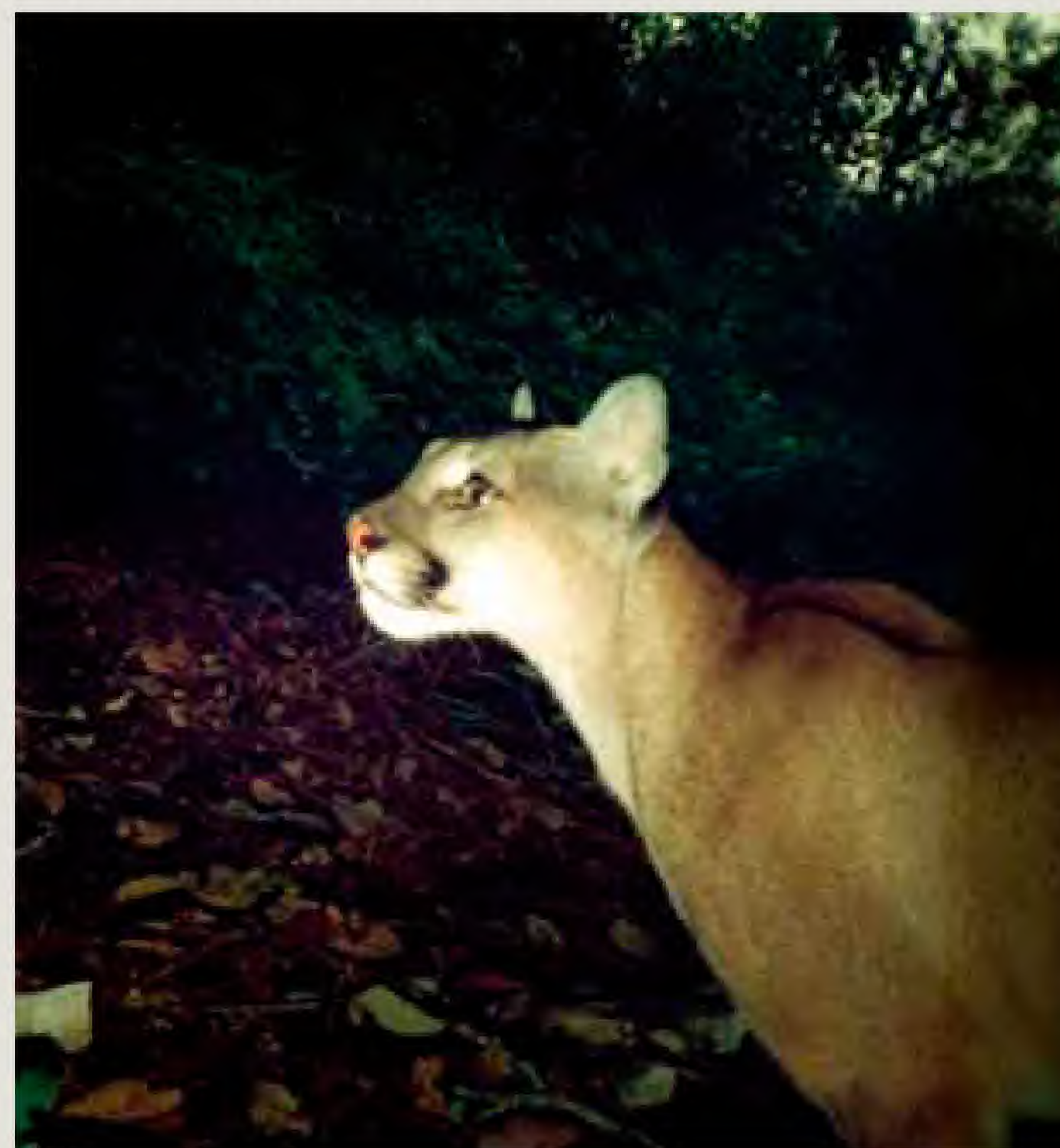


Figura 1. Imagen de puma *(P. concolor)* obtenida mediante fototrampeo en la localidad de El Platanal, municipio de Xichú.

Iglesias-Hernández, J. A., V. Sánchez-Cordero, G. E. Magaña-Cota, *et al*. 2012. "Diversidad de mamíferos medianos y grandes en el Municipio de Xichú" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 275-276.

debe considerar de gran importancia para la conservación de la diversidad estatal y regional. Los resultados reportados aumentan significativamente el conocimiento sobre la distribución y presencia de los mamíferos medianos y grandes en la reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato y refleja un panorama general de la situación de este grupo en la localidad, sin embargo, los estudios realizados hasta el momento son insuficientes para conocer la mastofauna de la reserva y su estado de conservación actual. Por lo anterior se recomienda continuar con estudios que abarquen un periodo mayor de muestreo, incluyendo áreas de mayor tamaño dentro de la reserva y tomando en cuenta los factores que podrían afectar la riqueza y abundancia de los mamíferos a mediano y largo plazo.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo de la Conabio, proyecto FS003 y F. Botello agradece al Posgrado en Ciencias Biológicas y al Conacyt (CVU 48454).

Literatura citada

Botello, F., G. Monroy, P. Illoldi-Rangel *et al.* 2007. “Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha”, *Revista Mexicana de Biodiversidad* **78**: 207-210.

Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Iglesias, J., V. Sánchez-Cordero, G. Magaña-Cota *et al.* 2008. “Noteworthy records of margay, *Leopardus wiedii and ocelot, Leopardus pardalis in the state of Guanajuato, México”, Mammalia* **72** (4): 347-349.

Pérez-Irineo, G. 2008. *Diversidad de mamíferos carnívoros terrestres en una selva mediana en el distrito de Tuxtepec, Oaxaca*, tesis de maestría, Oaxaca, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Instituto Politécnico Nacional (IPN).

ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS DE TALLA MEDIANA Y GRANDE DEL MUNICIPIO DE VICTORIA



Juan Felipe Charre-Medellín | Víctor Sánchez-Cordero | Gloria Eugenia Magaña-Cota
Francisco Javier Botello-López

México contiene una altísima diversidad biológica que lo ubica dentro de los 10 países de mayor biodiversidad (Vié *et al.*, 2009). A pesar de que el estado de Guanajuato ha sufrido un déficit significativo en el conocimiento de su diversidad faunística a lo largo del tiempo (Arita, 1993), recientemente se han publicado una serie de investigaciones que ponen al día el conocimiento de los mamíferos de la entidad (Ramírez-Pulido *et al.*, 2000; Mora, 2007; Iglesias *et al.*, 2008; Sánchez y Magaña-Cota, 2008; Sánchez *et al.*, 2009; Elizalde-Arellano *et al.*, 2010; Charre-Medellín *et al.*, 2011; Magaña-Cota *et al.*, 2010; Sánchez *et al.*, en preparación).

El objetivo del presente proyecto fue determinar la diversidad de mamíferos grandes y medianos en el municipio de Victoria, Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato. El área de estudio se encuentra localizada en la comunidad de San Isidro Las Palmas, del municipio mencionado, que abarca 35% del territorio total de la reserva. Se realizó un trabajo de campo de dos años (octubre 2007-septiembre 2009) con salidas de 10 días y con periodos intermonitoreo de mes y medio. Se estableció un cuadrante de 49 km^2, en el que se ubicaron 20 estaciones en subcuadrantes de 1 km^2, seleccionados al azar y se colocaron cámaras trampa que se mantuvieron activas durante los dos años. La metodología de los estudios realizados mediante cámaras trampa se explica con mayor detenimiento en el trabajo de Iglesias *et al.* incluido en este capítulo, sin embargo, se puede mencionar que este método ha resultado en un gran avance para el estudio de este grupo de vertebrados, ya que no se altera el lugar en donde viven y los animales no son sujetos a presión cuando son capturados mediante trampas para su investigación (Botello, 2004; Botello *et al.*, 2005, 2006; Carthew y Slater, 1991) (figura 1). De las 14 salidas al campo realizadas se obtuvieron 294 registros que se integraron a la colección de fotocolectas biológicas del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), institución colaboradora del proyecto.

De los 294 registros totales, 244 se consideran como registros independientes. El esfuerzo de captura fue de 8 139 días/trampa. Mediante este mé-



Figura 1. Imagen de un lince con su cachorro, tomada en el municipio de Victoria, mediante el uso de cámaras-trampa. La imagen se encuentra enmarcada en una ficha digital de fotocolecta (Botello *et al.*, 2007), la cual contiene los datos básicos de localización, nombre de la especie, nombre del proyecto, colector, determinador y de quien realizó el montaje de la fotoficha, entre otros.

Charre-Medellín, J. F., V. Sánchez-Cordero, G. E. Magaña-Cota, *et al.* 2012. “Estudio de la diversidad de mamíferos de talla mediana y grande del Municipio de Victoria” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 277-279.

todo se registraron 16 especies y dos mediante rastros indirectos. De las 18 especies, 17 son nuevos registros para el municipio y solamente el pecari (*Pecari tajacu*) había sido registrada anteriormente por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (IPN) (López-Vidal y Elizande-Arellano, comunicación personal) y el jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*) representa el primer registro para el estado de Guanajuato (Charre-Medellín *et al*., 2012). Las especies más abundantes en el área de estudio son la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) como se muestra en el cuadro 1. Los índices de abundancia relativa como los que aquí se presentan son útiles para evaluar cambios o tendencias poblacionales, aunque no permiten inferir el tamaño de las poblaciones silvestres o su densidad (Crawford, 1991).

Dentro de los análisis se encontró que la curva de acumulación de especies aún no alcanza la asíntota, lo que significa que es muy probable el registro posterior de más especies (figura 2).

A pesar de que las cámaras trampa proporcionaron el mayor número de registros y el mayor número de especies, el listado actual no hubiera presentado la misma riqueza de especies de no incluirse la combinación de métodos nuevos y métodos tradicionales, como la colecta de cráneos. El presente trabajo es una muestra de la necesidad de continuar con monitoreos biológicos exhaustivos que aporten la información básica de distribución de las especies y que sirva como base para planear acciones de conservación y manejo en la región. Además, se establecen las bases para el monitoreo a largo plazo de estas especies para la región y para el estado, aportando registros de especies de las que se carecía de información en la zona.

Agradecimientos

Proyecto del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato. Convenio: 08-16-K662-087, se agradece el apoyo de la Conabio, proyecto FS003 y F. Botello agradece al Posgrado en Ciencias Biológicas y al Conacyt (CVU 48454).

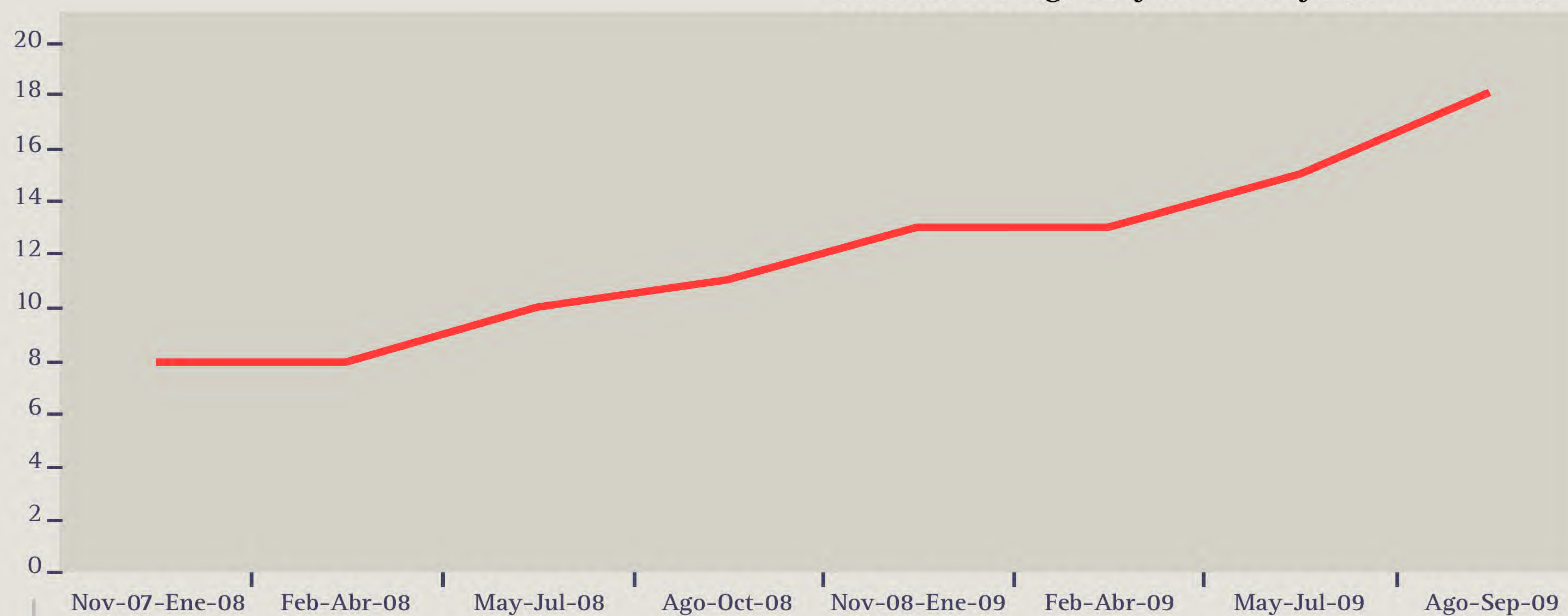


Figura 2. Curva de acumulación de especies por trimestre.

Cuadro 1. Abundancias relativas de las especies registradas mediante el método de fototrampeo.

Especie	Abundancia relativa (%)
Didelphis virginiana	0.41
Dasypus novemcinctus	1.23
Sylvilagus floridanus	3.69
Spermophilus variegatus	1.23
Sciurus sp.	4.51
Lynx rufus	2.87
Puma concolor	2.05

Cuadro 1. Continuación.

Especie	Abundancia relativa (%)
Herpailurus yagouaroundi	0.41
Canis latrans	1.64
Urocyon cinereoargenteus	49.18
Mephitis macroura	2.46
Conepatus leuconotus	0.41
Bassariscus astutus	11.48
Nasua narica	4.92
Procyon lotor	0.41
Odocoileus virginianus	13.11

Literatura citada

Arita, H.T. 1993. "Riqueza de especies de la mastofauna de México", en R. Medellin y G. Ceballos (eds.), *Avances en el estudio de los mamíferos de México*, vol I. México, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., Publicaciones Especiales, pp. 109-128.

Botello, F.J. 2004. *Comparación de cuatro metodologías para determinar la diversidad de carnívoros en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca,* tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

———, P. Illoldi, M. Linaje *et al.* 2005. "*Nuevos registros del tepezcuintle (Agouti paca)*, para el norte del estado de Oaxaca, México", *Revista Mexicana de Biodiversidad* **76**: 103-105.

———, P. Illoldi-Rangel, M. Linaje *et al.* 2006. "Primer registro del tigrillo (*Leopardus wiedii* Schinz 1821) y del gato montés (*Lynx rufus* Kerr 1792) en la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México", *Acta Zoológica Mexicana* **22**: 135-139.

———, G. Monroy, P. Illoldi *et al.* 2007. "Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha", *Revista Mexicana de Biodiversidad* **78**: 207-210.

Carthew, S. M., y E. Slater, 1991. "Monitoring animal activity with automated photography", *Journal of Wildlife Management* **55**: 689-692.

Charre-Medellín, J.F., V. Sánchez-Cordero, G. Magaña-Cota, *et al.* 2012. "Jaguarundi (*Puma yagouaroundi*) in Guanajuato, Mexico". *The southeastern Naturalist* **57**: 117-118.

Crawford, T.C. 1991. "*The Calculation of index numbers from wildlife monitoring data*", en F.B. Goldsmith (ed.), *Monitoring for Conservation and Ecology.* Nueva York, Chapman y Hall, pp. 220-248.

Elizalde-Arellano, C., J.C. López-Vidal, E.Q. Uhart *et al.* 2010. "Nuevos registros y extensiones de distribución de mamíferos para Guanajuato", *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) **26**: 73-98.

Iglesias, J., V. Sánchez-Cordero, G. Magaña-Cota *et al.* 2008. "Noteworthy records of margay, *Leopardus wiedii* and ocelot *Leopardus pardalis* in the state of Guanajuato, Mexico", *Mammalia* **72**: 347-349.

Magaña-Cota, G., J.F. Charre-Medellín, R. Hernández *et al.* 2010. Primeros registros del murciélago vampiro de pata peluda (*Diphylla ecaudata*) para el estado de Guanajuato, México. *Therya* **1**: 213-220.

Mora, V.A. 2007. *Composición y aspectos tróficos de la quiropterofauna de San Luis de la Paz, Guanajuato*, tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional (IPN).

Ramírez-Pulido, J., A. Castro-Campillo, M.A. Armella *et al.* 2000. *Bibliografía reciente de los mamíferos de México 1994-2000.* México, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-Iztapalapa.

Sánchez, O. y G. Magaña-Cota. 2008. "Murciélagos de Guanajuato: perspectiva histórica y actualización de su conocimiento", *Acta Universitaria* **18**: 27-39.

———, G. Téllez-Girón y G. Magaña-Cota. 2009. Registros tradicionales de murciélagos para Guanajuato. *Acta Universitaria*, Dirección de Investigación y Posgrado, Universidad de Guanajuato (UG) **19**: 40-47.

———, G. Téllez-Girón, G. Magaña-Cota *et al.* En preparación. *Mamíferos no voladores de Guanajuato, México: una primera revisión y nuevos registros estatales.*

Vié, J.C., C. Hilton-Taylor y S.N. Stuart (eds.). 2009. Wildlife in a Changing World–an Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species. Gland Switzerland: IUCN.

Registro notable de tres especies de mamíferos en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato



Ramón Cecaira-Ricoy | Jesús Antonio Iglesias Hernández | Juan Felipe Charre Medellín
Ricardo Bolaños Martínez | Gloria Eugenia Magaña-Cota | Víctor Sánchez-Cordero | Enrique Kato Miranda
Francisco Javier Botello López

En general, se han realizado pocos estudios faunísticos sobre el estado de Guanajuato (Flores-Villela y Gerez 1994; Mendoza-Quijano *et al.* 2001). Sin embargo, acerca de los mamíferos esta situación ha ido mejorando en años recientes (Sánchez *et al.*, 2012). Por otra parte, el reciente decreto de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato y su gran potencial de biodiversidad (véase Charre *et al.*, 2012; Gurrola *et al.*, 2012; Iglesias *et al.*, 2008; Iglesias *et al.*, 2012; Reynoso *et al.*, 2012; Sánchez *et al.*, 2012), ha motivado la realización de trabajo de campo que ahora permite reportar sobre la presencia de mamíferos grandes y medianos, mediante la técnica de fototrampeo. El objetivo es incrementar el conocimiento de la diversidad de estos vertebrados en la Reserva de la Biosfera y el estado.

Se seleccionaron tres sitios, dos ubicados en el municipio de Xichú y uno en el de Victoria. El primero, conocido como El Roblar (carta Inegi Xichú F14C36; 21.43444 N, -99.79995 W), está ubicado en un macizo montañoso con una vegetación mezclada de encino y bosque tropical caducifolio y con una altura promedio de 1 700 msnm. El siguiente sitio, nombrado genéricamente como arroyo Majada (carta Inegi Xichú F14C36; 21.42817 N, -9981814 W), presenta una serie de cauces de agua de temporal que derraman hacia el oeste del macizo montañoso, justamente al arroyo Majada y que están considerados por los habitantes del lugar como "pasaderos" de fauna. Estos arroyos presentan altitudes que van de los 700 a los 1 700 msnm. La vegetación predominante de este segundo sitio es de bosque tropical caducifolio.

El tercer sitio, Ejido Derramaderos y terrenos privados de Ruperto Oviedo, se ubica en el municipio de Victoria (carta Inegi El Carricillo F14C37; 21.33583 N, -100.13367 W), colindando al este con el municipio de Xichú y varios kilómetros al nornoreste con el estado de San Luis Potosí, siendo esta zona un probable corredor biológico para la fauna dada la continuidad ambiental que presenta (Cecaira-Ricoy, comunicación personal). El sitio se caracteriza por presentar una vegetación de pino, encino y transición pino-encino, con una altura promedio de 2 200 msnm.

Se colocaron 19 fototrampas digitales (Wildview Xtreme 5) y tres análogas (Stealth-Cam TM, 35 mm), cinco en la localidad El Roblar, cinco en Arroyo Majada y 12 en Derramaderos Ruperto Oviedo. El esfuerzo de muestreo fue de 75 días/trampa.

Resultados

Para El Roblar se registraron cinco especies de mamíferos, en arroyo Majada dos especies y en Derramaderos Ruperto Oviedo siete especies, siendo algunas repetidas para los tres sitios. El total de especies diferentes asciende a nueve (cuadro 1). De estas especies destacan los registros de *Spilogale gracilis*, (21.36177 N, -100.12202 W; alt 2 154 msnm) (figura 1), *Leopardus pardalis* (21.43155 N, -9980078 W; alt 1 701 msnm) y *Lynx rufus escuinapae* (21.36177 N, -100.12202 W; alt 2 154 msnm), tres carnívoros poco documentados no solamente en el estado, sino a nivel nacional. Todos los registros serán incluidos en la Colección de Fotocolectas Biológicas del Instituto de Biología de la UNAM (número de catálogo en trámite).

Discusión y conclusiones

Si bien siete de las nueve especies han sido descritas históricamente y también recientemente

Cecaira-Ricoy, R., J. A. Iglesias-Hernández, J. F. Charre-Medellín, *et al.* 2012. "Registro notable de tres especies de mamíferos en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 280-282.

Cuadro 1. Listado de mamíferos registrados en cada uno de los tres sitios.

Especie	Abundancia relativa (%)
Didelphis virginiana	0.41
Dasypus novemcinctus	1.23
Sylvilagus floridanus	3.69
Spermophilus variegatus	1.23
Sciurus sp.	4.51
Lynx rufus	2.87
Puma concolor	2.05
Herpailurus yagouaroundi	0.41
Canis latrans	1.64
Urocyon cinereoargenteus	49.18
Mephitis macroura	2.46
Conepatus leuconotus	0.41
Bassariscus astutus	11.48
Nasua narica	4.92
Procyon lotor	0.41
Odocoileus virginianus	13.11

para el estado (véase Iglesias *et al.* 2008; Iglesias *et al.*, 2012 y Charre *et al.*, 2012), resulta relevante contar con el primer registro georreferenciado del zorrillo listado (*S. gracilis*) para la zona. El primer ejemplar para el estado de Guanajuato fue registrado por Alfredo Dugès, en 1895, pero sin reportar la localidad específica (Dugès, 1895).

Por otro lado, los dos felinos registrados, *L. pardalis* y *L. rufus*, son mamíferos de talla mediana, carnívoros especialistas que pueden ser indicadores de un buen grado de conservación en la zona (Glitteman *et al.*, 2001; Travaini *et al.*, 1997).

Ambos felinos fueron recientemente registrados en la reserva pero en diferentes localidades, entre las cuales hay una distancia de 6.64 km lineales para el registro de ocelote (Iglesias *et al.*, 2008) y 16.73 km lineales para el registro del lince (véase Charre *et al.*, nombre de la contribución). Al estar las dos especies de felinos consideradas bajo alguna categoría de riesgo



Figura 1. Zorrillo manchado (*Spilogale gracilis*) en el municipio de Victoria, Guanajuato. Las leyendas inferiores de la imágen hacen referencia al modelo de la fototrampa, la fecha, la hora y la fase lunar (fotografía de Ramón Cecaira-Ricoy).

(Semarnat, 2010; IUCN, 2009), una vez detectados en el área resulta esencial orientar estudios para conocer sus parámetros demográficos más importantes y la salud genética de sus poblaciones (Cecaira-Ricoy, comunicación personal); ese tipo de estudios pueden ser útiles para plantear estrategias regionales de conservación como podrían ser el mantenimiento o recuperación de la conectividad entre áreas protegidas del estado.

Con esta información resalta la necesidad de continuar con los estudios de distribución y abundancia en la Sierra Gorda de Guanajuato de estas y otras especies de mamíferos.

Agradecimientos

El presente estudio forma parte del los convenios IEG/DJ/FOAM/UNIVERSIDAD DE GTO/02/2005 y IEE/DAJ/UG/ANP SIERRA GORDA/16/2008 financiados por el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato.

Ramón Cecaira-Ricoy, agradece a Francisco Botello, Gloria E. Magaña Cota y Víctor Sánchez-Cordero Dávila por su apoyo y confianza. A Coatlicue García Jiménez por su invaluable ayuda en campo, a Luis Saenz Villa, conocedor de la Sierra Gorda, al "Guardian del Chilcuague", a don Ruperto Oviedo por su hospitalidad y todas la facilidades prestadas, así como a Nicasio Velázquez Morales, Comisario Ejidal de Derramaderos.

Literatura citada

Charre, J.F., V. Sánchez-Cordero, G.E. Magaña-Cota *et al.* 2012 "Estudio de la diversidad de mamíferos de talla mediana y grande del municipio de Victoria", en *La Biodiversidad en Guanajuato*: *Estudio de estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).

Dugès, A. 1895. "Fauna del Estado de Guanajuato", en *Memorias sobre la administración pública del Estado de Guanajuato presentada al Congreso del mismo por el C. Gobernador Constitucional Lic. Joaquín Obregón González, el 1 de abril de 1895*. Imprenta y Litografía de la Escuela IM Porfirio Díaz.

Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados terrestres, vegetación y uso de suelo*, 2ª ed. México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/Conabio.

Gittleman, J.L., S. Funk, D. MacDonald *et al.* (eds.). 2001. Carnivore conservation. Cambridge University Press, UK.

Gurrola, M.A., B.P. Escalante, A.S. López *et al.* 2012. "Aves", en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de estado*. Conabio/IEE.

Iglesias, J., V. Sánchez-Cordero, G. Magaña-Cota *et al.* 2008. "Noteworthy records of margay, *Leopardus wiedii and ocelot, Leopardus pardalis in the state of Guanajuato, México", Mammalia* **72**: 347-349.

Iglesias, J.A., V. Sánchez-Cordero, G.E. Magaña-Cota *et al.* 2012. "Diversidad de mamíferos medianos y grandes en el municipio de Xichú", en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de estado*. Conabio/IEE.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Carta Topográfica 1:50000 El Carricillo F14c37, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí.

———. Carta Topográfica 1:50 000 Xichú F14C36. Guanajuato.

IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales) 2009. *IUCN Red List of Threatened Species*, version 2009.2. www.iucnredlist.org, última consulta 16 de diciembre de 2009.

Mendoza-Quijano, F., S.M.A. Mejenes López, V.H. Reynoso-Rosales *et al.* 2001. "Anfibios y Reptiles de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato: cien años después". UNAM, *Anales del Instituto de Biología*, Serie Zoología **72**: 233-243.

Reynoso, V.H., A. González y M. Sánchez. 2012. "Anfibios y reptiles", en *La Biodiversidad en Guanajuato*: Estudio de estado. Conabio/IEE.

Sánchez, O., C. Elizalde-Arellano, J.C. López-Vidal *et al.* 2012. "Mamíferos silvestres", en *La Biodiversidad en Guanajuato*: Estudio de estado. Conabio/IEE.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de diciembre de 2010.

Travaini, A., M. Delibes, P. Ferreras *et al.* 1997. "Diversity, abundance of rare species as a target for the conservation of mammalian carnivores: a case of study in southern Spain", *Biodiversity and Conservation* **6**: 529-535.

LA PALEODIVERSIDAD DE GUANAJUATO, UNA SÍNTESIS DEL DESARROLLO DE SU PALEONTOLOGÍA DE VERTEBRADOS

Óscar J. Polaco † | José Rubén Guzmán-Gutiérrez | Felisa J. Aguilar

Introducción

El territorio que hoy denominamos estado de Guanajuato ha sufrido numerosas transformaciones, las cuales conocemos a través de la geología y la paleontología. Esta última, al estudiar los fósiles que se han conservado en las rocas sedimentarias que se localizan en el estado, nos permite describir parte de los escenarios que existieron y sus respectivos organismos.

Los trabajos publicados que proporcionan datos sobre el conocimiento que se tiene de los fósiles de vertebrados de Guanajuato enfatizan su importancia para conocer la historia y evolución paleogeográfica de la Mesa Central (Jiménez-Hidalgo *et al*., 2002; Miller y Carranza-Castañeda, 2002), principalmente para el intervalo de tiempo del Eoceno hasta el Pleistoceno (55.8 millones de años a 11 500 años antes del presente), aunque para este último se considera que lo publicado, hasta la fecha, es relativamente escaso (Arroyo-Cabrales *et al*., 2002) (apéndice 1).

A la fecha se tienen reconocidas al menos seis áreas con fósiles (Cañada de Marfil [Eoceno-Oligoceno], San Miguel de Allende [Mioceno-Plioceno], Arperos, San Luis de la Paz, Guanajuato y Moroleón [todas ellas para el Pleistoceno]) con aproximadamente 20 yacimientos o localidades fosilíferas que se encuentran en las mismas. A continuación se describe el desarrollo histórico de las investigaciones paleontológicas y sus aportaciones, las cuales permiten establecer la paleodiversidad de vertebrados para Guanajuato (cuadro 1).

Siglo XIX

El primer registro publicado sobre hallazgos de fósiles de vertebrados de Guanajuato fue el realizado por Edmond Guillemin-Tarayre (1867), al reportar un molar que atribuye a un bisonte en los lechos de los arroyos que conducen a la cañada de Marfil.

Posteriormente, Alfredo Dugès (1882) reporta el hallazgo de un fémur derecho de un perezoso gigante terrestre en Arperos, denominándole *Scelidotherium guanajuatensis*, nombre que actualmente se considera sinónimo de *Eremotherium laurillardi*. Para 1887, el mismo Dugès publica el descubrimiento de elementos esqueléticos fósiles en Moroleón, Guanajuato, que atribuyó a una nueva especie de pecarí fósil, denominándolo *Platygonus alemanii*.

En 1893, Alfonso L. Herrera, en su trabajo acerca del hombre prehistórico de América, reporta el material remitido por el doctor Dugès encontrado en el distrito de León, que corresponde a un fragmento del cóndilo externo de un fémur de un gran animal que asigna al género, entonces válido, *Elephas* (actualmente *Mammuthus*), el cual presenta surcos o entalladuras profundas en su cara interior.

Siglo XX

Es hasta la primera mitad del siglo XX cuando se reinician las investigaciones paleontológicas en el estado. En 1951, Alberto R. V. Arellano publica un listado faunístico, producto del análisis de una pequeña colección de molariformes fósiles, procedentes del Arroyo de la Carreta, localidad cercana al Rancho El Ocote, distrito de San Miguel de Allende y de lo que él colectó en el mismo sitio.

En el mismo trabajo, Arellano reporta dos sitios más, Rancho Viejo, con osteodermos del carapacho de un gliptodonte, y al suroeste de la ciudad de Guanajuato, donde se encontró un molar de mamut y el cráneo completo de un équido.

Posteriormente, en 1952, Arellano señala la existencia de fauna muy antigua en la Cañada de

Polaco, Ó. J., J. R. Guzmán-Gutiérrez y F. J. Aguilar. 2012. “La paleodiversidad de Guanajuato, una síntesis del desarrollo de su paleontología de vertebrados” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 283-289.

Cuadro 1. Listado paleofaunístico de Guanajuato.

Clase	Orden	Familia	Especie	Edad	Referencia
Osteichthyes				Eoceno	Arroyo-Cabrales *et al.* (2008)
Reptilia					
	Squamata				
		Iguanidae			
			Paradipsosaurus mexicanus	Bridgeriano-Uintaniano	Fries *et al.* (1955)
Aves					
	Podicipediformes				
		Podicipedidae			
			Aechmophorus cf. *A. elasson*	Blancano	Steadman y Carranza-Castañeda (2006)
	Anseriformes				
		Anatidae			
			Cygnus (Olor) aff. *buccinator*	Blancano	Steadman y Carranza-Castañeda (2006)
			cf. *Anabernicula*	Blancano	Steadman y Carranza-Castañeda (2006)
			cf. *Tadornini*	Blancano	Steadman y Carranza-Castañeda (2006)
	Accipitriformes				
		Accipitridae		Blancano	Steadman y Carranza-Castañeda (2006)
Mammalia					
	Condylarthra				
			Gen. et sp. Indet.	Bridgeriano-Uintaniano	Ferrusquía-Villafranca *et al.* (2002)
	Insectivora				
			Notiosorex repenningi	?Henfiliano	Carranza-Castañeda (2006)
	Chiroptera				
			Plionicterus sp.	?Henfiliano	Carranza-Castañeda (2006)
	Edentata				
			Glyptotherium sp.	Blancano	Carranza-Castañeda y Miller (2004)
			Plaina sp.	Blancano	Carranza-Castañeda y Miller (2004)
			"Glossotherium" chapad-malense	Blancano	McDonald (2002)
			Glossotherium sp.	Henfiliano-Blancano	Miller y Carranza-Castañeda (1984)
			Glossotherium sp.	Pleistoceno	Castillo-Cerón *et al.* (1996)
			Megalonyx sp.	Henfiliano	Dalquest y Mooser (1980)
			Eremotherium laurillardi	Rancholabreano	Monés (1973)
	Lagomorpha				

Cuadro 1. Continuación.

Clase	Orden	Familia	Especie	Edad	Referencia
			Hypolagus mexicanus	Blancano	Miller y Carranza-Castañeda (1982)
			Hypolagus vetus	Blancano	Miller y Carranza-Castañeda (1982)
			Hypolagus sp.	Henfiliano	Miller y Carranza-Castañeda (1982)
			Notolagus velox	Henfiliano	Miller y Carranza-Castañeda (1982)
			Paranotolagus complicatus	Blancano	Miller y Carranza-Castañeda (1982)
			Pratilepus ? kansasensis	Blancano	Miller y Carranza-Castañeda (1982)
	Rodentia				
			Floresomys guanajuatoensis	Bridgeriano-Uintaniano	Fries *et al.* (1955)
			Guanajuatomys hibbardi	Bridgeriano-Uintaniano	Black y Stephens (1973)
			Marfilomys aewoodi	Bridgeriano-Uintaniano	Ferrusquía-Villafranca (1989)
			Spermophilus matachicensis	?Blancano	Carranza-Castañeda (2006)
			Spermophilus sp.	Henfiliano-Blancano	Carranza-Castañeda (2006)
			Paenemarmota barbouri	Henfiliano-Blancano	Carranza-Castañeda (2006)
			?Pliogeomys sp.	Henfiliano	Carranza-Castañeda (2006)
			Copemys aff. *C. valensis*	?Henfiliano	Carranza-Castañeda (2006)
			Calomys baskini	Henfiliano	Carranza-Castañeda y Walton (1992)
			Calomys elachys	Henfiliano	Carranza-Castañeda y Walton (1992)
			Calomys winklerorum	Henfiliano	Carranza-Castañeda y Walton (1992)
			Baiomys kolbi	Henfiliano	Carranza-Castañeda y Walton (1992)
			Prosigmodon oroscoi	Henfiliano	Carranza-Castañeda y Walton (1992)
			Prosigmodon chihuahuensis	Henfiliano	Carranza-Castañeda y Walton (1992)
			Prosigmodon ferrusquiai	Henfiliano	Carranza-Castañeda y Walton (1992)
			Neotoma cf. *N. sawrockensis*	Henfiliano	Carranza-Castañeda y Walton (1992)
			Neotoma sp.	Henfiliano	Carranza-Castañeda y Walton (1992)
			Neocherus cordobai	Blancano	Carranza-Castañeda y Miller (1988)
			Neocherus sp.	Blancano	Carranza-Castañeda y Miller (1988)
	Carnivora				
			Viverravus sp.	Bridgeriano-Uintaniano	Ferrusquía-Villafranca *et al.* (2002)
			Canis ferox	Henfiliano	Miller y Carranza-Castañeda (1998 a, b)
			Osteoborus cyonoides	Henfiliano	Miller y Carranza-Castañeda (1998 a, b)
			Osteoborus cf. *O. cyonoides*	Henfiliano	Dalquest y Mooser (1980)
			Borophagus diversidens	Blancano	Miller y Carranza-Castañeda (1998 a, b)
			Agriotherium schneideri	Henfiliano	Miller y Carranza-Castañeda (1996)
			Taxidea mexicana	Henfiliano	Carranza-Castañeda (2006)
			cf. *Mustela*	?Blancano	Carranza-Castañeda (2006)
			cf. *Trigonictis*	Blancano	Carranza-Castañeda (2006)
			Pseudaelurus ? intrepidus	Henfiliano	Carranza-Castañeda y Miller (1996)
			Felis cf. *F. studeri*	Blancano	Carranza-Castañeda y Miller (1996)
			Felis ? lacustris	?Blancano	Carranza-Castañeda (2006)
			Machairodus cf. *M. coloradensis*	Henfiliano-Blancano	Carranza-Castañeda y Miller (1996)
	Proboscidea				
			Cuvieronius sp.	?Blancano	Carranza-Castañeda y Miller (2004)
			Rhynchotherium cf. *R. falconeri*	Henfiliano-Blancano	Carranza-Castañeda (2006)

Cuadro 1. Continuación.

Clase	Orden	Familia	Especie	Edad	Referencia
			Rhynchotherium sp.	Henfiliano	Dalquest y Mooser (1980)
			Stegomastodon sp.	Henfiliano	Miller y Carranza-Castañeda (1984)
			Mammuthus primigenius	Pleistoceno	Herrera (1893)
			Mammuthus sp.	Pleistoceno	Arellano (1951)
	Perissodactyla				
		Tapiroidea	Fam., Gen. y sp. indet.	Bridgeriano-Uintaniano	Fries *et al.* (1955)
			Teleoceras hicksi	Henfiliano	Prothero (2005)
			Calippus castilli	Henfiliano	Carranza-Castañeda (2006)
			Neohipparion eurystyle	Henfiliano	Carranza-Castañeda (2006)
			Nannipus minor	Henfiliano	Carranza-Castañeda (2006)
			Nannipus peninsulatus	Blancano	Carranza-Castañeda (2006)
			Astrohippus stockii	Henfiliano	Miller y Carranza-Castañeda (1998 a, b)
			Dinohippus interpolatus	Henfiliano	Miller y Carranza-Castañeda (1998 a, b)
			Dinohippus mexicanus	Henfiliano	Miller y Carranza-Castañeda (1998 a, b)
					MacFadden y Carranza-Castañeda (2002)
			Equus simplicidens	Blancano	Carranza-Castañeda (2006)
			Equus conversidens	Pleistoceno	Carranza-Castañeda y Miller (1991)
	Artiodactyla				
			Bison sp.	Pleistoceno	Aveleyra-Arroyo de Anda (1950)
			Desmathyus brachydontus	Henfiliano	Dalquest y Mooser (1980)
			Platygonus alemanii	Irvingtoniano-Rancho-labreano	Dugés (1887)
			Platygonus cf. *P. alemanii*	Blancano	Carranza-Castañeda (2006)
			Platygonus compressus	Pleistoceno	Villada (1903)
			Platygonus sp.	Pleistoceno	Castillo-Cerón *et al.* (1996)
			Megatylopus matthewi	Henfiliano	Dalquest y Mooser (1980)
			Kyptoceras sp.	Henfiliano	Carranza-Castañeda (2006)
			Hemiauchenia vera	Henfiliano	Montellano-Ballesteros (1989)
			Hemiauchenia blancoensis	Blancano	Carranza-Castañeda (2006)
			Hemiauchenia sp.	Henfiliano-Blancano	Montellano-Ballesteros (1989)
			Alforjas sp.	Henfiliano	Montellano-Ballesteros (1989)
			cf. *Camelops*	Blancano	Carranza-Castañeda (2006)
			Blancocamelus meadei	Blancano	Carranza-Castañeda (2006)
			Hexabelomeryx fricki	Henfiliano	Miller y Carranza-Castañeda (1998 a, b)
			Capromeryx tautonensis	Blancano	Jiménez-Hidalgo *et al.* (2004)
			Texoceros sp.	Henfiliano	Carranza-Castañeda (2006)
			Prosthennops sp.	Henfiliano	Miller y Carranza-Castañeda (1984)
		Antilocáprido indet.		Henfiliano	Dalquest y Mooser (1980)
	Incertae Sedis				
			Gen. et sp. indet.	Bridgeriano-Uintaniano	Ferrusquía-Villafranca *et al.* (2002)

Marfil, conocida como el conglomerado rojo de Guanajuato, siendo una de las más antiguas de México, a la que le asigna una edad tentativa del Eoceno. De ésta se han descrito una iguana (*Paradipsosaurus mexicanus*) y dos roedores *Floresomys guanajuatoensis* y *Guanajuatomys hibbardi* (Fries *et al*., 1955; Black y Stephens, 1973).

Para la localidad de Arroyo la Carreta, Mooser publica sus estudios realizados en elementos esqueléticos y molariformes de mamíferos fósiles por él colectados, principalmente de équidos (1958, 1960, 1963, 1965, 1968, 1973). Una revisión de toda la fauna de mamíferos de Rancho el Ocote se llevó a cabo en 1980 por Dalquest y Mooser.

A partir de 1974 se han realizado trabajos de prospección y colecta paleontológica en el área de San Miguel de Allende, que a lo largo de más de 30 años han conformado una extensa colección de varios miles de ejemplares fósiles, que han servido de base a diferentes publicaciones (apéndice 1), convirtiéndose en la paleofauna de macromamíferos del Terciario tardío mejor conocida del centro de México, y probablemente del país, ya que el área incluye una sucesión de tres edades terciarias norteamericanas de mamíferos terrestres: Henfiliano temprano, Henfiliano tardío y Blancano temprano, de los que se han descrito varios géneros y especies nuevas para la ciencia.

Para el caso de la localidad de Marfil, entre 1987 y 1990 se realizaron trabajos de prospección paleontológica en la misma (Ferrusquía-Villafranca *et al*., 2002), incrementando la paleodiversidad registrada. Con base al estado evolutivo de algunas de las formas endémicas presentes se precisa una edad del Eoceno medio (Bridgeriano-Uintano) (Ferrusquía-Villafranca *et al*., 2002).

Conclusiones

El estudio de estas áreas y sus fósiles permite incrementar el conocimiento de la paleodiversidad y el paleoambiente en que dichos organismos vivieron, así como las rutas de migración de ciertos vertebrados a lo largo del paleocontinente americano, convirtiendo así a Guanajuato en una pieza importante en el estudio de las paleofaunas.

Literatura citada

Arellano, A.R.V. 1951. "Research in the continental Neogene of Mexico", *American Journal of Science* **249**: 604-616.

———. 1952. "El hallazgo de mamíferos del Cenozoico inferior en el Conglomerado Rojo de Guanajuato", *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros* **4**: 63-64.

Arroyo-Cabrales, J., A.L. Carreño, S. Lozano-García, M. Montellano-Ballesteros et al. 2008. "La diversidad en el pasado". pp. 227-262. En *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

———, O.J. Polaco y E. Johnson. 2002. "La mastofauna del Cuaternario tardío en México", en M. Montellano-Ballesteros y J. Arroyo-Cabrales (eds.), *Avances en los estudios paleomastozoológicos en México*. México, Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), Colección Científica 443, pp. 103-123.

Aveleyra-Arroyo de Anda, L. 1950. "Antecedentes prehistóricos al descubrimiento de Tepexpan". pp. 27-52. En *Prehistoria de México*. Ediciones Mexicanas. México.

Black, C.G. y J.J. Stephens, III. 1973. "Rodents from the Paleogene of Guanajuato, Mexico", *Occasional Papers*, The Museum of Texas Tech University, **14**: 1-10.

Carranza-Castañeda, O. 2006. "Late Tertiary fossil localities in central Mexico, between 19°-23° N". En O. Carranza-Castañeda y E. H. Lindsay (eds.). *Advances in Late Tertiary vertebrate paleontology in México*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Geología y Centro de Geociencias, Publicación Especial No. 4. pp. 45-60.

——— y W.E. Miller. 1988. "Roedores caviomorfos de la Mesa Central de México, Blancano temprano (Plioceno tardío) de la fauna local Rancho Viejo, estado de Guanajuato". *Revista Universidad Nacional Autónoma de México* **7**:182-199.

——— y W.E. Miller. 1991. "A skeleton of Equus? conversidens from Pleistocene deposits in Guanajuato, Mexico". *Journal of Vertebrate Paleontology* **11**(3):20A.

——— y W.E. Miller. 1996. "Hemphillian and Blancan felids from Central Mexico". *Journal of Paleontology* **70**(3): 409-518.

——— y W.E. Miller. 2004. "Late Tertiary terrestrial mammals from Central Mexico and their relationship to South American immigrants". *Revista Brasileira de Paleontologia* **7**(2): 249-261.

——— y A.H. Walton. 1992. "Cricetid Rodents from the Rancho El Ocote Fauna, Late Hemphillian (Miocene), Guanajuato, México". UNAM, *Revista del Instituto de Geología* **10**: 71-93.

Castillo-Cerón, J.M., M.A. Cabral Perdomo y O. Carranza-Castañeda. 1996. *Vertebrados fósiles del estado de Hidalgo (Fossil vertebrates from the state of Hidalgo)*. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo.

Dalquest, W.W. y O. Mooser. 1980. "Late Hemphillian mammals of the Ocote local fauna, Guanajuato, Mexico", Texas Memorial Museum, *Pearce-Sellards Series* 32.

Dugès, A. 1882. "Nota sobre un fósil de Arperos, Estado de Guanajuato", *El Minero Mexicano* **9**: 233-235.

———. 1887. "Platygonus alemanii nobis", *La Naturaleza*, serie 2, **1**: 16-18.

Ferrusquía-Villafranca, I. 1989. "A new rodent genus from Central México and its bearing on the origin of the Caviomorpha" en *Natural History Museum of Los Angeles County*, Science Series 33 pp 97-117.

———, I., E. Jiménez-Hidalgo, J.A. Ortiz-Mendieta *et al.* 2002. "El registro paleogénico de mamíferos en México y su significación geológico-paleontológica", en M. Montellano-Ballesteros y J. Arroyo-Cabrales (eds.), *Avances en los estudios paleomastozoológicos en México*. México, INAH, Colección Científica 443, pp. 25-45.

Fries, C. Jr. C. W., D.H., Hibbard, Dunkle. 1955. "Early Cenozoic vertebrates in the red conglomerate at Guanajuato, Mexico", *Smithsonian Miscellaneous Collections* **123**: 1-24.

Guillemin-Tarayre, E. 1867. "Rapport á son Exc. M. le Ministre de l'instruction publique sur l'exploration minéralogique des regions mexicaines", *Archives Commission Scientifique du Mexique* **III**: 409.

Herrera, A.L. 1893. "El Hombre Prehistórico en América. Su existencia en México", *Memoria de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"* **VII**: 46-47.

Jiménez-Hidalgo, E., O. Carranza-Castañeda y M. Montellano-Ballesteros. 2004. "A Pliocene record of Capromeryx (Mammalia: Antilocapridae) in Mexico". *Journal of Paleontology* **78**: 1179-1186.

———, E., I. Ferrusquía-Villafranca y V.M. Bravo-Cuevas. 2002. "El registro mastofaunístico miocénico en México y sus implicaciones geológico-paleontológicas", en M. Montellano-Ballesteros y J. Arroyo-Cabrales (coords.), *Avances en los estudios paleomastozoológicos*. México, INAH, Colección Científica 443, pp. 47-68.

McDonald, G.H. 2002. "Fossil Xenarthra of Mexico: a review." En: M. Montellano-Ballesteros y J. Arroyo-Cabrales (Eds.). *Avances en los estudios paleomastozoológicos en México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colección Científica 443. México. pp. 227-248.

Miller, W.E. y O. Carranza-Castañeda. 1982. "New lagomorphs from the Pliocene of central Mexico". *Journal of Vertebrate Paleontology* **2**: 95-107.

——— y O. Carranza-Castañeda. 1984. "Late Cenozoic mammals from central Mexico". *Journal of Vertebrate Paleontology* **4**: 216-236.

——— y O. Carranza-Castañeda. 1996. Agriotherium schneideri from the Hemphillian of Central Mexico. *Journal of Mammalogy* **77**(2): 568-577.

——— y O. Carranza-Castañeda. 1998a. Late Tertiary Canids from Central Mexico. *Journal of Paleontology* **72**(3): 546-556.

——— y O. Carranza-Castañeda. 1998b. Importance of Late Tertiary Carnivores and Equids from the Transmexican Volcanic Belt. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* **15**(2): 161-166

——— y O. Carranza-Castañeda. 2002. "Importance of Mexico's late Tertiary mammalian faunas", en M. Montellano-Ballesteros y J. Arroyo-Cabrales, (coords.), *Avances en los estudios paleomastozoológicos*. México, INAH, Colección Científica 443, pp. 83-101.

Monés, A. 1973. "Nota acerca de Eremotherium guanajuatense (Dugés, 1882) (Edentata, Megatheroidea) de Araperos, Estado de Guanajuato, Mexico". *Trabajos del V Congreso Latinoamericano de Zoología*; Montevideo, Uruguay **1**: 162-165.

Montellano-Ballesteros, M. 1989. "Pliocene Camelidae of Rancho El Ocote, central Mexico". *Journal of Mammalogy* **70**: 359-369.

Mooser, O. 1958. "Una cebra fósil de la Mesa central de México", *Anales del Instituto de Biología* **28**: 359-363.

———. 1960. "Un équido fósil del género Neohipparion de la Mesa Central de México", *Anales del Instituto de Biología* **30**: 375-388.

———. 1963. "*Neohipparion monias* n. sp. Équido fósil del Plioceno de la Mesa Central de México", *Anales del Instituto de Biología* **34**: 393-396.
———. 1965. "Una nueva especie de équido del género *Protohippus* del Plioceno de la Mesa Central de México", *Anales del Instituto de Biología* **35**: 157-158.
———. 1968. "Fossil Equidae from the middle Pliocene of the Central Plateau of Mexico", *The Southwestern Naturalist* **13**: 1-12.
———. 1973. "Pliocene horses of the Ocote local fauna, Central Plateau of Mexico", *The Southwestern Naturalist* **18**: 257-268.
Prothero, D.R. 2005. *The Evolution of North American Rhinoceroses*. Cambridge University Press. Cambridge.
Steadman, D.W. y O. Carranza-Castañeda. 2006. "Early Pliocene to early Pleistocene birds from central México." En O. Carranza-Castañeda y E. H. Lindsay (eds.). *Advances in Late Tertiary vertebrate paleontology in Mexico*. UNAM, Instituto de Geología y Centro de Geociencias, Publicación Especial No. 4. pp. 61-71.
Villada, M.M. 1903. "Apuntes acerca de la fauna fósil de México". *Anales del Museo Nacional de México*. 1ª. Época: 441-451.

DIVERSIDAD BIOLÓGICA DEL JARDÍN BOTÁNICO EL CHARCO DEL INGENIO. SAN MIGUEL DE ALLENDE, GUANAJUATO



Mario Arturo Hernández Peña | César Arias de la Canal

El Jardín Botánico El Charco del Ingenio forma parte del municipio de Allende en el estado de Guanajuato, México. Se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 20°51′ N y 100°49 O, a una altitud en el punto más alto de 1 950 msnm y en el punto más bajo de la cañada de 1 895 msnm. El clima es predominantemente seco (BSh) con veranos moderadamente calurosos y húmedos e inviernos relativamente frescos y secos, con lluvias en verano (Köppen modificado por García, 1964) y temperaturas medias entre 16 y 22 °C. El jardín botánico cuenta con un territorio de aproximadamente 100 ha ubicado sobre una mesa de roca sólida de origen volcánico; su fisiografía es accidentada, por lo que se puede apreciar una cañada hacia la parte oeste de 50 m de profundidad y 1 km de largo, aproximadamente, más ancha en su inicio y marcadamente estrecha hacia el final. Igualmente existe un humedal artificial al este, construido sobre el vaso azolvado de la antigua presa Las Colonias. Rodeando la presa y la cañada, se extienden dos planicies: la del lado norte alberga una amplia superficie de pastizales inducidos y relictos de matorral xerófilo, mientras que sobre la del lado sur, se extiende un matorral de tipo xerófilo más conservado (Meagher, 2007).

La cañada del jardín botánico representa un microambiente con características edafológicas y climáticas que han permitido el desarrollo de especies de climas más templados y húmedos (figuras 1 y 2); como el helecho *Adiantum andicola* que solamente se encuentra al fondo de la cañada, árboles a la orilla del arroyo como *Salix bonplandiana* y *Schinus molle, Carya illinoinensis, Cinnamomum pachypocum* y *Morus celtidifolia*, entre otras. Así también se observan algunas plantas suculentas como *Sedum ebracteatum, Sedastrum* y *Villadia misera* (*V. parviflora*) que se han establecido entre las grietas de las rocas que conforman las paredes de la cañada, donde se ha acumulado algo de suelo, al igual que *Bursera fagaroides*, árbol pequeño de tronco grueso que raramente excede los 2 m de largo.

El humedal está compuesto por más de 20 islas artificiales (construidas durante la última década como parte del programa de restauración ambiental del jardín botánico), de formas variadas (figura 3), en donde se han establecido especies de la vegetación riparia no nativa, pero ya establecida en la región como: *Arundo donax, Cyperus ochraceus, Helenium mexicanum, Eleocharys macrostachya, Sagittaria longiloba* y *Typha latifolia*, todas ellas representan un hábitat para las aves acuáticas del ecosistema. En las partes someras del humedal, predomina la presencia de *Polygonum mexicanum* y sobre las aguas más profundas se aprecia el helecho de agua *Marsilea mollis*. Otras zonas húmedas y que se encharcan en la época de lluvia, permiten el crecimiento de pastos como *Chloris submutica, Cynodon dactylon, Echinochloa crusgalli, Hilaria cenchroides, Panicum obtusum* y *Pennisetum crinitum*, entre otros.

El matorral xerófilo se distribuye principalmente sobre suelos muy someros en la parte sur del jardín botánico (figura 4), donde predominan los pastos como *Bothriochloa barbinodis, Eragrostis mexicana, Microchola kunthii* y *Nassella mucronata* y algunas herbáceas en sotobosque, también elementos arbustivos de porte bajo como, *Dalea bicolor, Zaluzania augusta, Celtis pallida* y *C. caudata*, estos últimos dos se reportan como los primeros registros para el municipio de Allende, y otros de mayor tamaño como *Acacia farnesiana, A. schaffneri* (huizache), *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo), *Opuntia* (nopal), *Prosopis laevigata* (mezquite) y una variedad de arbustos, entre los cuales predominan los pertenecientes a las familias Asteraceae y Fabaceae. De igual manera,

Hernández Peña, M. A. y C. J. A. Arias de la Canal. 2012. “Diversidad Biológica del Jardín Botánico El Charco del Ingenio, San Miguel de Allende, Guanajuato” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 290-295.



Figura 1. Vista panorámica de la cañada del Jardín Botánico (fotografía de Miriam Marlene Parra Santana).

se aprecia la presencia de varias especies de cactáceas de porte columnar de los géneros *Cylindropuntia, Myrtillocactus* y *Opuntia*, otras de tipo globoso como *Mammillaria zephyranthoides, M. magnimamma, Ferocactus latispinus, F. robustus* y *Stenocactus crispatus* que también forman parte de este tipo de vegetación (Meagher, 2006).

La zona norte está predominantemente cubierta por pastizal inducido, producto de actividades agrosilvopastoriles desarrolladas en el lugar antes del establecimiento del jardín botánico. En la zona prevalece el pasto rojo de origen africano, *Rhynchelytrum repens*, el cual por ser altamente agresivo ha desplazado a los pastos nativos de la localidad lo que ha impedido el establecimiento de otras herbáceas como la hierba del sapo (*Eryngium heterophylllum*) y la hierba de la golondrina (*Mecardonia procumbens*), que de manera natural son pioneras en la colonización de ecosistemas perturbados de zonas áridas y semiáridas (Meagher y Wayne, 2007).

Dentro de la flora más impresionante que se distribuye en el lado sur del jardín botánico, se pueden mencionar a los individuos pertenecientes a la familia Orchidaceae. Sin embargo, Meagher (2007) reporta ocho especies de orquídeas en los hábitats semiáridos del jardín botánico: *Deiregyne confusa, D. rhombilabia, Habenaria strictissima, Mesandenus polyanthus, Platanthera* sp., *Sphiranthes* sp. *S. aurantiaca* y *S. cinnabarina*.

Del inventario florístico realizado por Meagher (2007) en El Charco del Ingenio, se han registrado dos hallazgos sobresalientes; *Juncus effusus*, quien ha sido colectada sólo en el jardín botánico, y *Anredera cordifolia*, resultando en nuevos registros para el estado. De igual manera, con respecto a los helechos *Bommeria hispida* y *Phlebodium areolatum*, también son nuevos registros para el estado, según la lista de Díaz-Barriga y Palacios-Ríos (1992). Asimismo, se reporta el primer registro de 17 especies pertenecientes a diversos taxa para el municipio de Allende.

Diversidad de líquenes en la zona de el charco del ingenio

Los líquenes son organismos formados por la simbiosis entre un hongo y un alga; el hongo



Figura 2. Manantial El Charco del Ingenio (fotografía de Miriam Marlene Parra Santana).



Figura 3. Vista panorámica del humedal del Jardín Botánico El Charco del Ingenio (fotografía de Miriam Marlene Parra Santana).



Figura 4. Vista panorámica del matorral xerófilo en la parte sur del jardín botánico (fotografía de Miriam Marlene Parra Santana).

penetra las células del alga y aporta humedad y sales minerales, de tal manera que, el hongo protege al liquen de la desecación e incrementa su capacidad de absorción de agua, mientras que el alga lleva a cabo el proceso fotosintético para sintetizar el alimento del liquen. Estos organismos son altamente resistentes a las condiciones ambientales adversas y tienen una capacidad de regeneración muy rápida, por lo que son capaces de colonizar una amplia variedad de ecosistemas. Generalmente, son los primeros en establecerse en medios con escasos nutrientes ya que, producen sustancias liquénicas que degradan la roca, contribuyendo a la formación de suelo para facilitar el establecimiento de otras especies (Hawksworth, 1988). Son organismos que se establecen y se les encuentra sobre madera, roca y tierra, entre otros (figura 5).

Los líquenes son utilizados como indicadores biológicos de la calidad del aire, sobre todo en las primeras etapas de vida, debido a su alta susceptibilidad al dióxido de azufre, presente en la lluvia ácida. Los estudios que se han hecho sobre este grupo de organismos en México, en su mayoría han sido sólo inventarios (Ogata *et al.*, 1994).

En los espacios de El Charco del Ingenio, Nash y Egan (2008), identificaron por primera vez la presencia de 51 especies de líquenes, 39 de ellos creciendo sobre rocas. De dichas especias destacan los géneros: *Acarospora, Buellia, Candelariella, Flavopunctelia* y *Lecidella*. Además, los autores mencionados encontraron nueve especies establecidas sobre especies maderables como *Caloplaca holocarpa, Candelaria concolor, Canoparmelia texana*; una sobre opuntias (*Teloschistes chrysophthalmus*) y dos sobre sustrato de tierra (*Psora icterica* y *Cladonia* sp.).

Respecto a la conservación de la diversidad vegetal *in situ*, resulta relevante la experiencia lograda y asumida hasta el momento por la organización de la sociedad civil El Charco del Ingenio, quien ha asumido el manejo y gestión del sitio a manera de una reserva natural.



Figura 5. Líquenes diversos sobre rocas, Charco del Ingenio (fotografía de Mario Hernández).

Cabe señalar que los jardines botánicos alrededor del mundo desempeñan un rol sumamente importante para la conservación *ex situ* de la diversidad vegetal, manteniendo en sus colecciones vivas ejemplares representantes de la flora mundial.

A lo largo de 20 años El Charco del Ingenio ha sido un interlocutor entre el mundo academicista y la población local y de la región –quienes se encuentran en contacto diario con los recursos naturales–, logrando tender puentes de comunicación y democratizando la información requerida para la valoración de nuestra diversidad vegetal. Es así como el sitio ha servido no solamente para la contemplación del paisaje, sino como elemento educativo que logra sensibilizar respecto a la necesidad de preservar la estructura y función de todos los elementos y actores que integramos nuestro medio ambiente.

Literatura citada

Díaz-Barriga, H. y M. Palacios-Ríos. 1992. "Listado preliminar de especies de pteridofitas de los estados de Guanajuato, Michoacán y Querétaro", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario III.

García, E. 1964. *Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen* (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). México, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Hawksworth, D.L. 1988. "Interacciones hongo-alga en simbiosis liquénicas y liquenoides", *Anales del Jardín Botánico de Madrid* **46**: 235-247.

Meagher, W.L. 2006. "Flora Espontánea del Jardín Botánico 'El Charco del Ingenio', San Miguel de Allende, México". *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. fascículo complementario, 2ª edición.

———. 2007. "Revisión y Actualización del Inventario de la Flora Espontánea del Jardín Botánico 'El Charco del Ingenio', San Miguel de Allende, Guanajuato (México)". *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XXII.

——— y C. Wayne. 2007. Wild and wonderful, nature up close in the botanical garden *"El Charco del Ingenio", San Miguel de Allende, Gto.*, W&W Publishing.

Nash, T.H. y T. Egan. 2008. *Líquenes del Charco del Ingenio*. Datos sin publicar.

Ogata, N., D. Nestel, V. Rico-Gray *et al.* 1994. Los mixomicetes citados de México, *Acta Botánica Méxicana* **27**: 39-51.

ESTUDIO DE CASO

CONOCIMIENTO DE LA DIVERSIDAD DE CACTÁCEAS EN GUANAJUATO: UN EJERCICIO DE COMPILACIÓN DE PUBLICACIONES ESPECIALIZADAS Y COLECCIONES BIOLÓGICAS



Esperanza Quezada Guzmán

Las cactáceas constituyen un grupo de plantas nativas del Continente Americano y la mayor parte de sus especies se distribuyen en las regiones áridas y semiáridas (y subtropicales), donde se conocen más de 70% de las especies y disminuyen considerablemente en aquellos desiertos de condiciones climáticas extremosas (Arias-Montes, 1997).

Desde el siglo pasado millones de especímenes de cactáceas han sido extraídos de su hábitat y enviados al extranjero, principalmente para complacer a coleccionistas aficionados que aprecian su belleza (figura 1). Este saqueo ha sido una de las causas principales de que, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), en México se registren 217 especies amenazadas, entre indeterminadas, raras, vulnerables y en peligro de extinción; además de que cada especie de la familia cactácea está incluida en el Apéndice II del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES), lo que indica que su comercio internacional está controlado y monitoreado bajo licencia (Soberón, 1998).

Para conocer el panorama de conservación de esta familia en Guanajuato (figura 1) fue necesario buscar y concentrar la información ya publicada que se hallaba dispersa, así como la información de fuentes primarias (es decir, a partir de algunas colecciones biológicas de cobertura nacional, regional y estatal).

Para elaborar el listado de especies de cactáceas del estado se hizo una revisión exhaustiva de registros documentados de cactáceas para



Figura 1. *Mamillaria densispina* tomada en Sierra de Lobos (fotografía de Esperanza Quezada).

Quezada-Guzmán, E. 2012. "Conocimiento de la diversidad de cactáceas en Guanajuato: un ejercicio de compilación de publicaciones especializadas y colecciones biológicas" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 296-299.

Guanajuato y se examinaron las colecciones científicas nacionales y regionales de universidades e instituciones de investigación (herbarios, jardines botánicos, invernaderos, conservatorios, bases de datos, bancos de semillas, archivos fotográficos, viveros, reservas ecológicas). Las colecciones científicas concentran información primaria para generar el conocimiento de la diversidad biológica y su distribución geográfica. Es decir, reúnen los especímenes y la información de campo asociada que comprende los datos básicos del hábitat (localidad, características bióticas y abióticas, fecha de colecta, etc.), indispensables para conocer la diversidad biológica de una región determinada.

Publicaciones especializadas

Esta modalidad plasmó la revisión de literatura especializada, registros publicados de cactáceas colectadas y localizadas en el estado, las cuales se presentan en obras tan importantes como las mostradas en el cuadro 1 (apéndice 1).

Colecciones científicas: consulta y captura de información

El reto que representa reunir la información relativa a la riqueza biológica y ponerla en un formato accesible al público en general, es enorme. Las colecciones científicas albergan el acervo de información primaria para generar el conocimiento de la biodiversidad biológica y su distribución geográfica. La información sobre los especímenes colectados y depositados en las colecciones científicas contiene los datos básicos (por ejemplo, localidad y hábitat) así como la derivada de los inventarios biológicos, lo que constituye herramientas fundamentales para conocer la biodiversidad en una región determinada (Hernández *et al*., 2001).

Las diferencias tanto en la estructura de las bases de datos existentes (las que aún están en formación) como en los sistemas utilizados para el almacenamiento de la información son muchas, por lo que el complejo proceso de consulta requiere de años de trabajo. Como resultado de lo anterior se cuenta con las bases de datos relativas a las cactáceas que han sido registradas en algún estudio para el estado de Guanajuato (apéndices 2, 3, 4 y 5).

A continuación se mencionan los distintos acervos de información consultados para la elaboración de los listados apéndices.

Acervos de cobertura nacional consultados:

MEXU-Herbario, Jardín Botánico e Invernaderos del Instituto de Biología en la Universidad Nacional Autónoma de México.

ENCB-Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas en el Instituto Politécnico Nacional.

INEGI-Herbario y Base de Datos-Herbario del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en la ciudad de Aguascalientes.

Banco de Datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

Acervos de cobertura regional examinados:

Banco de semillas, Jardín Botánico, Invernadero y Conservatorio del Campo Experimental Palma

Cuadro 1. Número de especies pertenecientes a la familia Cactaceae reconocidas en publicaciones especializadas durante los últimos 83 años.

Fecha	Autores	Especies	Cobertura	Enfoque
1963 (1920)	Britton y Rose	5	América	The Cactaceae
1967	Dudley B. Gold	108	Estatal	Cactáceas y Suculentas
1978 – 1991	Bravo y Sánchez M.	62	Nacional	Las Cactáceas de México
1994	Hernández y Godínez	11	Nacional	Cactáceas amenazadas
1997	Vovides, Luna Medina	2	Nacional	Plantas raras y amenazadas
1998	Charles Glass	10	Nacional	Guía cactáceas amenazadas
2003	Guzmán-Arias-Dávila	89	Nacional	Catálogo Cactáceas

de la Cruz en San Luis Potosí, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Herbario y Jardín Botánico del Centro Regional Zonas Aridas y Semiáridas (CREZAS), en Salinas, San Luis Potosí, del Colegio de Posgraduados (CP).

ANSM-Herbario, Jardín Botánico, Base de Datos e Invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila.

WAGNER-Vivero Cadereyta, Quéretaro.

H. Sánchez Mejorada-Jardín Botánico, Banco de Germoplasma y Vivero del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey-Campus Querétaro, Qro.

Herbario, base de datos del Herbario, Biblioteca especializada, Jardín Botánico y Conservatorio de Cactáceas y Suculentas en San Miguel Allende de la asociación civil CANTE, Guanajuato.

HUAA-Herbario, Base de Datos-Herbario y Rey Netzahualcóyotl-Jardín Botánico y Base de Datos-JB del Departamento de Botánica en la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Ags.

CIAN-Herbario del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, en el Campo Experimental de Pabellón, Aguascalientes.

Acervos de cobertura estatal explorados:

Semarnat-Jardín Botánico de la Delegación en San Luis Potosí, S.L.P.

SLPM-Herbario y Jardín Botánico del Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

QMEX-Herbario, Base de Datos-Herbario e Invernadero de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Aztlán-Reserva Ecológica en Querétaro.

Jardín Regional y Jardín Botánico "Manuel González Cosío", en Cadereyta, Qro.

El Charco del Ingenio-Parque Natural de CANTE A.C. en Gto.

IBUG-Herbario, Jardín Botánico e Invernadero de la Universidad de Guadalajara. Jardín Botánico, Base de Datos-JB, así como el herbario y Base de Datos de la Universidad Autónoma de Guadalajara (GUADA).

Jorge Meyrán-Jardín Botánico del Instituto Tecnológico de Aguascalientes Nº 20 – Centro de Investigación y Graduados de Aguascalientes, Aguascalientes.

Sistematización de bases de datos por fuente

Para elaborar las bases de datos de cactáceas para el estado se consultaron 51 acervos, de los cuales 12 son herbarios; 13 jardines botánicos; nueve bases de datos; dos bancos de semillas; 10 invernaderos y viveros; tres reservas ecológicas; dos conservatorios, y cuatro bibliotecas especializadas en cactáceas.

La sistematización de los datos obtenidos se realizó de acuerdo al tipo de colección (herbario, jardín, base de datos, etc.), pues se reconoció diferente grado de confiabilidad de la información según el destino que tuvo el material colectado.

• Herbario. Se obtuvieron 101 registros para Guanajuato, albergados en cuatro herbarios (MEXU, ENCB, INEGI y IIZD-SLP), cuadro 2.

Cuadro 2. Cactáceas reportadas para el estado, obtenidas de herbarios.

Estado	Registros	Géneros	Especies	Herbarios
Guanajuato	101	22	95	4

Fuente: Quezada *et al*., 2000.

• Jardín botánico. Reúne información de confiabilidad frágil, ya que muchas colecciones no llevan registro formal del material. Un factor de inestabilidad en los jardines es que están expuestos a cambios climáticos, a daño físico, a descuido, a robo, etc., lo cual afecta mucho la estabilidad de las colecciones de plantas vivas en exteriores.

En algunas colecciones se realiza la propagación y venta de cactáceas como parte de sus actividades, tal como sucede en el Charco del Ingenio (antes CANTE), en San Miguel de Allende, Guanajuato.

Conclusiones

Las colecciones científicas y los inventarios biológicos desempeñan un papel fundamental en los estudios y sistematización de la diversidad biológica, por lo que la elaboración de inventarios debe incluir siempre la consulta de las colecciones, ya que constituyen herramientas fundamentales en los estudios de la diversidad biológica. Ante el escenario de la pérdida de

esta diversidad es importante considerar algunos aspectos: es urgente trabajar mucho más en la evaluación y el monitoreo de nuestro capital biológico, así como realizar un esfuerzo sensato de coordinación para priorizar metas con el fin de reorganizar y regularizar el uso de la información al interior de la comunidad científica internacional.

El interés en la consulta de colecciones y sus bases de datos se ha incrementado notablemente, manifestándose una creciente demanda al acceso electrónico de esa información. El grado de avance que cada sistema guarda respecto a las demás es muy variado, lo que dificulta el intercambio de información sobre diversidad entre cada base de datos. Como cada acervo maneja diferentes programas electrónicos de captura, no fue posible el tratamiento en una base común, como era el objetivo, con la información de las bases consultadas.

El uso de las bases de datos para almacenar información de las colecciones ha facilitado su consulta por la comunidad científica. En este sentido es indispensable considerar a corto plazo una red de conexión electrónica que enlace a las colecciones científicas, permitiendo su acceso rápido y directo.

Literatura citada

Arias Montes, A.S. 1997. "Distribución general", en *Suculentas mexicanas Cactáceas*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/ Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap)/Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia (CUCC)/CVS Publicaciones.

Hernández, H.M., A. García Aldrete, F. Álvarez *et al*. 2001. *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad*. Instituto de Biología, UNAM/Fondo de Cultura Económica (FCE).

Soberón, J. 1998. *Guía para la identificación de Cactáceas amenazadas de México. Identification guide to threatened cacti of México*. México, CANTE/Conabio.

Bases de datos consultadas:

CANTE, A.C. (ahora Charco del Ingenio A.C.) Base de Datos del Herbario Regional en San Miguel de Allende, Guanajuato.

Conabio Información sistematizada de los Proyectos: B 140; F 14; G3; J 1; J 97; P 26 y P 140.

GUADA-Base de Datos-Herbario de la Universidad Autónoma de Guadalajara.

HUAA-Base de Datos-Herbario del Departamento de Botánica en la UAA.

INEGI-Base de Datos-Herbario del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

JVET-Base de Datos-JB de la Universidad Autónoma de Guadalajara.

QMEX-Base de Datos-Herbario de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Rey Netzahualcóyotl Base de Datos-JB del Departamento de Botánica en la UAA.

UAAAN-Base de datos-JB de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila.

COLECCIÓN BOTÁNICA DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL ALFREDO DUGÈS DE LA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO



Gabriela Gutiérrez Rodríguez | Héctor E. Rodríguez Chávez | Brenda Arizai Álvarez Sandoval

Introducción

Desde la antigüedad, estudiosos de la naturaleza y conocedores de la dependencia humana de las plantas propiciaron colecciones de ejemplares vivos, dando lugar a los llamados jardines botánicos, antepasados directos de lo que actualmente se conoce como herbarios. Éstos, en su acepción más generalizada, están conformados por un conjunto de plantas desecadas, identificadas taxónomicamente, organizadas bajo diferentes criterios (dependiendo de las necesidades de cada institución) y conservadas permanentemente para su consulta, pues constituyen un verdadero banco de información. Estas colecciones son una herramienta valiosa para la investigación científica básica o aplicada, por ejemplo: en estudios taxonómicos, ecológicos, fitogeográficos, etnobotánicos, así como en la educación a diferentes niveles de la población (Inegi, 1985).

Funciones y actividades de un herbario

Actualmente, un herbario es un banco creciente de información proveniente esencialmente de los ejemplares botánicos que representan la flora y vegetación de un área, por lo que es una herramienta fundamental en los estudios florísticos taxonómicos.

El desarrollo de un herbario se inicia: *a)* con la obtención de muestras botánicas como resultado de las colectas en campo, *b)* secado estético de las muestras, *c)* identificación, *d)* registro de los datos de campo, *e)* almacenamiento del material, y *f)* sistematización de la información; las que son organizadas bajo sistemas específicos, de acuerdo con las necesidades de cada institución (investigación, enseñanza o servicio) y conservadas permanentemente para su consulta (figura 1).

La organización de un herbario ya establecido consta de cuatro fases importantes: 1) enriquecimiento; 2) procesamiento; 3) mantenimiento; 4) administración (Lot y Chiang, 1986).

Herbario del museo de historia natural Alfredo Dugès

Los inicios de este herbario datan del siglo XIX, cuando en el año de 1870 el doctor Alfredo Dugès impartió las cátedras de Zoología y Botánica en el Colegio del estado, hoy Universidad de Guanajuato. Como apoyo didáctico y de investigación inició colecciones botánicas de ejemplares



Figura 1. Posible espécimen tipo de *Cedrela dugesii S. Watson.*

Gutiérrez-Rodríguez, G., H. E. Rodríguez-Chávez y B. A. Álvarez-Sandoval. 2012. “Colección Botánica del Museo de Historia Natural Alfredo Dugès de la Universidad de Guanajuato” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 300-301.

de diferentes partes de la entidad y de otros de la República Mexicana, así como de un intercambio científico que sostuvo con distintas instituciones y sociedades de América y Europa.

A la muerte de Dugès, Rodolfo Ramírez realizó los trámites necesarios para adquirir la colección personal e incorporarla a la del Colegio. De acuerdo a un inventario efectuado en 1915 el herbario contaba con 1 574 ejemplares y 11 duplicados (Universidad de Guanajuato, 1915).

Con el paso de los años esta colección se incrementó de acuerdo a las donaciones de los alumnos de las cátedras de historia natural y de la compra de varios ejemplares en el extranjero.

El herbario pertenece a la Colección Científica del Museo de Historia Natural Alfredo Dugès de la Universidad de Guanajuato y a lo largo de su existencia ha sufrido un manejo y mantenimiento inadecuado, por lo que perdió información básica de ejemplares como: colector, localidad, fecha, etc., que sustente su valor científico.

En el año 2001, se realizó la curación del herbario con las actividades de mantenimiento de acuerdo a Lot y Chiang (1986). Asimismo, se realizó la identificación y clasificación de acuerdo al sistema de Cronquist mediante el proyecto de Conabio V002: Colección científica "Museo de Historia Natural Alfredo Dugès".

El herbario cuenta actualmente con 2 436 ejemplares, incluyendo frutos, semillas y troncos de diferentes organismos, pertenecientes a 179 familias, 804 géneros, 1 254 especies, cuatro subespecies y 11 variedades que incluyen tanto a pteridofitas, gimnospermas y angiospermas.

La actualización y conservación de este material ha sido importante, ya que se podrá utilizar para consulta científica y además se pretende que sea base para la integración de un herbario de consulta para los estudiantes de nivel medio superior, licenciatura (biología, agronomía, ciencias ambientales, carreras afines) y posgrados.

Recomendaciones.

Para la consulta del material de herbario se deberá considerar que aunque la colección cuenta con organismos pertenecientes a 179 familias, aún faltan ejemplares representativos del estado de Guanajuato, sin embargo, la información presente muestra un panorama de las especies que coexistían en la región y en otras partes del mundo durante los siglos pasado y antepasado.

Literatura citada

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1985. *Catálogo de herbario* tomo 1.

Lot, A. y F. Chiang. 1986. *Manual de herbario*. México, Consejo Nacional de la Flora de México.

Universidad de Guanajuato. 1915. Archivo de la Secretaría General, caja 4, carpeta 2, 4 de noviembre.

EL HERBARIO NACIONAL DE MEXICO (MEXU) COMO FUENTE DE CONOCIMIENTO SOBRE LA DIVERSIDAD VEGETAL DE GUANAJUATO



Ma. Hilda Flores Olvera

El Herbario Nacional de México (siglas internacionales MEXU), bajo custodia del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM) contaba desde su fundación, en 1929, con aproximadamente 12 000 ejemplares que provenían de la Dirección de Estudios Biológicos. En 1915, esta dependencia gubernamental había recibido las colecciones del Museo Nacional, de la Comisión Geográfica Exploradora y del Instituto Médico Nacional, resultado de la incipiente exploración científica del país realizada durante el siglo XIX. El incremento en la actualidad a 1 350 000 especímenes de algas, briofitas, hongos, líquenes y plantas vasculares, que representa casi la mitad del total depositado en acervos mexicanos, es resultado de la exploración a través de todo el país a lo largo de los 80 años de vida del IBUNAM. La colección incluye los especímenes de respaldo de los proyectos realizados por personal del propio IBUNAM y de diversas dependencias de la UNAM, así como de numerosos proyectos de investigación en todo el país, ya que MEXU recibe donativos de ejemplares y mantiene intercambios con herbarios nacionales y extranjeros que envían especímenes recolectados principalmente en el territorio nacional. La colección de MEXU es, entonces, la referencia histórica y actual de las exploraciones del territorio nacional.

Es importante mencionar que si bien ninguno de los programas intensivos de exploración que se han implementado en el IBUNAM, principalmente desde 1980 a la fecha, ha incluido al estado de Guanajuato, algunos investigadores de este instituto realizaron proyectos que involucraron recolectas botánicas de la entidad. Esto derivó en una colección de plantas de dicho estado, aunque relativamente escasa comparada con la proveniente de otros estados del país como Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla o la región de Mesoamérica, con particular énfasis en Chiapas (véase Dávila-Aranda y Germán-Ramírez, 1991). La colección de MEXU ha sido enriquecida también con la incorporación de importantes herbarios como el de la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA) en 2003, con cerca de 48 000 muestras que contienen una importante representación de gramíneas de todo el país. Herbarios regionales como el de Casiano Conzatti con especímenes provenientes del estado de Oaxaca, han sido también incorporados a MEXU, aunque lamentablemente ninguno enfocado particularmente a Guanajuato. La información de los ejemplares de MEXU está siendo vertida en una base de datos que contiene a la fecha alrededor de 300 000 registros (lo que significa poco más de 22% de la colección) conformada, a su vez, por información proveniente de 14 proyectos relativos a la colección de briofitas y plantas vasculares (incluyendo la de los tipos nomenclaturales), que son revisados continuamente por especialistas nacionales y extranjeros. Esta información está disponible en la página del IBUNAM (*http://unibio.ibiologia.unam.mx*).

Una visión preliminar de las recolectas realizadas en Guanajuato respaldadas en MEXU, y disponibles en la base de datos, nos permite precisar que Jean L. Berlandier exploró el estado en 1827, quien perteneció a un grupo de colectores europeos precursores en el conocimiento de la flora del país en el México independiente (Rzedowski *et al*., 2009). Del periodo comprendido entre 1868 y 1915, caracterizado por una creciente afluencia de colectores norteamericanos y el establecimiento de instituciones mexicanas dedicadas al conocimiento de la flora y fauna del país (Rzedowski *et al*., 2009), existen especímenes colectados por Nicolás León (en 1881), por Cyrus Guersney Pringle (en 1889 a 1904) y por Fernando Altamirano (en 1905).

Flores-Olvera, M. H. 2012. "El Herbario Nacional de México (MEXU) como fuente de conocimiento sobre la diversidad vegetal de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 302-304.

Entre los ejemplares incluidos en nuestra base de datos, tenemos tan solo un ejemplar colectado por Alfredo Dugès en 1897 y corresponde a *Eichhornia crassipes*, planta acuática muy común. Dugès realizó una significativa colección botánica en Guanajuato entre 1865 y 1900 que fue estudiada por Asa Gray y Sereno Watson (Rzedowski *et al*., 2009) y derivó en la descripción de al menos una decena de especies de varias familias. Por esa razón, los especímenes tipo recolectados por él están resguardados principalmente en el Herbario de la Universidad de Harvard (siglas internacionales GH), como es el caso, por ejemplo, de los holotipos de *Perezia dugesii* A. Gray (=*Acourtia dugesii* (A. Gray) Reveal & R. M. King, Asteraceae), *Aphyllon dugesii* S. Watson (Orobanchaceae), *Salvia dugesii* Fernald (Lamiaceae), *Tigridia dugesii* S. Watson (Iridaceae), *Sabal dugesii* S. Watson (Arecaceae), etcétera. Del siglo XX hay una mejor representación de plantas de Guanajuato, con colectas realizadas durante los años treinta por Maximino Martínez, en los cuarenta por Rogers McVaugh, H.E. Moore Jr., Fred A. Barkley y Thomas Morley y de los cincuenta por Reynaldo Arroyo F., David Elizondo C., C.H. Mueller, L. Paray, e Ira L. Wiggins. La mayor parte de los ejemplares de Guanajuato en MEXU corresponden al periodo de los setenta a los noventa y se deben principalmente a los trabajos de exploración realizados por Jerzy Rzedowski, D.E. Breedlove, Jean Kishler, José Carmen Soto Núñez, E. Carranza, E. Ventura V., Juan Martínez Cruz, Sergio Zamudio Ruíz y Rosaura Grether González. Adicionalmente, MEXU cuenta con un acervo fotográfico que incluye diapositivas de la flora de Guanajuato obtenidas por Jean Kishler, respaldadas en su mayoría por especímenes deshidratados en la colección.

La colección de MEXU tiene poco más de 9 000 especímenes tipo (que sirvieron como referencia para la descripción de taxones nuevos para la ciencia y unen el nombre científico permanentemente a los especímenes). En esta colección, 23 ejemplares provienen de Guanajuato, principalmente de los municipios de Acámbaro y Victoria, los que fueron utilizados por diversos especialistas para describir 14 especies de las familias Agavaceae (una especie), Asteraceae (cinco), Cactaceae (uno), Crasulaceae (dos), Labiatae (una),



Figura 1. Espécimen tipo de Guanajuato de la colección de MEXU. Holotipo de *Polianthes multicolor* E. Solano & Dávila



Figura 2. Espécimen tipo de Guanajuato de la colección de MEXU. Isotipo de *Eutetras pringlei* Greenm.

Loranthaceae (una), Portulacaceae (una), Rhamnaceae (una) y Verbenaceae (una) (figuras 1 y 2).

Sin que al momento podamos aportar datos definitivos sobre la diversidad vegetal de Guanajuato, en MEXU tenemos disponibles 420 registros de briofitas y cerca de 100 de helechos de los géneros *Astrolepis, Cheilanthes* y *Dryopteris* provenientes del estado. La mayor cantidad de registros corresponde a plantas vasculares (aproximadamente 3 500). Entre las familias de angiospermas mejor representadas en los registros de MEXU por su diversidad de géneros están las Asteraceae (68), Leguminosae (30), Orchidaceae (16), Poaceae (24), Rubiaceae (18) y Cruciferae (12). Le siguen Verbenaceae (ocho), Asclepiadaceae (siete), Cucurbitaceae (siete), Acanthaceae (seis), Convolvulaceae (cuatro), Solanaceae (cuatro) y Bromeliaceae (tres). La representación en MEXU de especímenes de las cinco primeras familias está en concordancia con las familias de mayor diversidad de géneros en México considerando los datos de Villaseñor (2004). Géneros importantes por su número de especies en el estado son *Opuntia* con 38, *Quercus* con 27 y *Agave* con 10. Entre los árboles de Guanajuato, destacan especies de *Quercus* (encinos) (como es referido por Rzedowski y Calderón de Rzedowski en este capítulo), además de las del género *Pinus* por su importancia económica como la piñonera (*P. cembroides*) con registros provenientes de los bosques del cerro El Pichardo y la Sierra El Cubo. Es también interesante la presencia de *Ostrya* (Betulaceae), un género característico de bosques mesófilos que, como otros, ha sido muy alterado por la actividad humana (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, en este capítulo).

Todas estas colectas demuestran que ha habido esfuerzos por el conocimiento de la flora de Guanajuato, pero se han dado de manera aislada y fragmentaria, con excepción de las recolectas más intensas de Jerzy Rzedowski y colaboradores. Por tal motivo, para disponer de un listado completo de especies de Guanajuato se requiere aún de exploración de campo y un minucioso trabajo de búsqueda de muestras y recopilación de información en las diferentes colecciones botánicas, particularmente de MEXU. La participación de especialistas en cada grupo de plantas para las correctas determinaciones de los ejemplares y actualizaciones requiere la inversión de mucho tiempo si se desea lograr una recopilación exhaustiva y un análisis adecuado sobre diversidad y endemismo o probables especies extintas en Guanajuato. Un avance para el conocimiento de la flora del estado son las contribuciones sobre árboles silvestres (Rzedowski y Calderón de Rzedowski) y sobre plantas acuáticas (Martínez y Hernández-Sandoval) que se presentan en este capítulo.

Agradecimientos

Agradezco a Maru García Peña por la información y las figuras de los ejemplares tipo y a Daniel Pérez Castillo por el apoyo para la consulta de la base de datos.

Literatura citada

Dávila-Aranda, P.D. y M.T. Germán-Ramírez. 1991. *Herbario Nacional de México*. México, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM).

IBUNAM (Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México). *http://unibio.ibiologia.unam.mx/*.

Martínez, M. y L. Hernández-Sandoval. 2012. “Plantas acuáticas”, en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).

Rzedowski, J., G. Calderón de Rzedowski y A. Butanda. 2009. *Los principales colectores de plantas activos en México entre 1700 y 1930*. Pátzcuaro (Michoacán), Instituto de Ecología, A.C./Conabio.

——— y G. Calderón de Rzedowski. 2012. “Lista preliminar de árboles silvestres”, en La *Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México, Conabio/IEE.

Villaseñor, J.L. 2004. “Los géneros de plantas vasculares de la flora de México”, *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **75**: 105-135.

MUSEO DE HISTORIA NATURAL ALFREDO DUGÈS: COLECCIONES ZOOLÓGICAS



Gloria E. Magaña-Cota

Antecedentes

Las colecciones zoológicas que se encuentran en el Museo de Historia Natural Alfredo Dugès tienen su origen en el Gabinete de Historia Natural del Colegio del Estado, hoy Universidad de Guanajuato. El Gabinete se formó con la finalidad de impartir las cátedras de Botánica y Zoología en las carreras de Ingeniería de Minas, Ingeniería en Geografía, Farmacéutica y Medicina en 1870 (Lanuza, 1924), y estuvo a cargo del doctor Alfredo Dugès, francés, médico de profesión, quien llegó con su cónyuge en mayo de 1853 a la República Mexicana y fijó su residencia en 1860 en la ciudad de Guanajuato. A partir de 1870, el doctor Dugès inició las cátedras de Zoología y Botánica, haciéndose cargo del Gabinete de Historia Natural y del Jardín Botánico (Arellano, 1952; Beltrán, 1945, 1953; Beltrán *et al.*, 1990). Su sobresaliente trayectoria le hizo acreedor a merecidos homenajes tanto en ceremonias como en artículos escritos (Herrera, 1902, 1910; Lanuza, 1924; Martín del Campo, 1937; Villada, 1911), misma que en Guanajuato ha sido reconocida, por lo que es considerado como un ilustre guanajuatense, además, el premio que otorga el Congreso del Estado a los logros científicos lleva su nombre.

Las colecciones zoológicas del Museo de Historia Natural Alfredo Dugès, son de las mejores conservadas de la segunda mitad del siglo XIX y principios del siglo XX; se formaron por una importante adquisición de ejemplares traídos de Europa junto con minerales (los cuales se encuentran en el actual Museo de Mineralogía de la Universidad de Guanajuato), además de las aportaciones de alumnos y por la colección de aves del maestro Vicente Fernández Rodríguez, meteorólogo, químico, taxidermista y fotógrafo, colaborador de Alfredo Dugès (Jáuregui, 1999). Por su parte, el doctor Dugès tenía su colección personal, dedicada a la investigación sobre todo de anfibios y reptiles, su contribución científica más importante (Arellano, 1952; Smith y Smith, 1969). La colección personal de Dugès quedó integrada a la del Gabinete en 1913, cuando el Colegio del Estado adquirió sus colecciones personales y biblioteca (Maldonado-Koerdell 1948; Flores-Villela y Hernández, 1992; Magaña-Cota y Polaco, 2008).

Objetivos y metas de la colección

Se considera fundamental conservar y resguardar los acervos biológicos que pertenecen al Museo de Historia Natural Alfredo Dugès, ya que representan una referencia histórica por ser una de las colecciones mejor preservadas de mediados del siglo XIX y principios del XX y por los especímenes tipo que posee. Tiene como metas a corto y mediano plazo brindar servicio a investigadores a través de su colección reservada, al público en general a través de la colección que se encuentra en exhibición, generar nuevo conocimiento a través de los proyectos de investigación que se llevan a cabo y las publicaciones de los resultados de éstos. Una meta a largo plazo es la formación de una colección de referencia de la fauna del estado.

Representatividad geográfica y taxonómica

En 2001 se estableció un convenio con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) y con un complemento de proyecto por parte de la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad de Guanajuato, a través del programa de Fortalecimiento a la

Magaña-Cota, G. E. 2012. "Museo de Historia Natural Alfredo Dugès: colecciones zoológicas" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 305-309.

Investigación 2000, el cual tuvo como objetivo realizar el proceso de curación de las piezas, su determinación y la integración de la información en la base de datos Biótica 4.0. Se establecieron siete catálogos en donde se incorporaron los datos por grupos taxonómicos. Los acrónimos para cada una de las colecciones se formaron de acuerdo con la sugerencia publicada por Flores-Villela y Hernández (1992), a los que se le agregaron dos letras para distinguir a cada una de las colecciones: MADUG-AV (ornitológica), MADUG-MA (mastozoológica), MADUG-IC (ictiológica), MADUG-HE (herpetológica), MADUG-IN (entomológica), MADUG-IV (invertebrados) y MADUG-BO (botánica). Esta colección se trata en la sección de herbarios del presente libro; la base de datos cuenta con 5 486 registros y 5 631 ejemplares en total, el número de registros e individuos por colección es la siguiente: ornitológica (543-543), mastozoológica (465-465), ictiológica (180-198), herpetológica (1 195-1 195), entomológica (480-487), invertebrados (241-411) (Magaña-Cota, 2004).

Todas las colecciones están representadas por una gran variedad de familias, géneros y especies, aunque a pesar de que son muy variadas las colecciones tienen muy pocos representantes, la mayor parte son especies nativas y endémicas de México, así como especies domésticas introducidas. Sin embargo, se tienen representantes de diversas regiones del planeta, sobre todo en el caso de anfibios y reptiles de las que se tienen familias que no se encuentran en México. En este grupo en particular aún está vigente el proceso de determinación de especímenes de especies exóticas, debido a la falta de claves especializadas de cada región, por lo que el proceso de determinación no se ha concluido. El estado de conservación de los ejemplares se considera bueno en general, tomando en cuenta su antigüedad y el hecho de que no tuvo un adecuado sistema de preservación (Maldonado-Koerdell, 1948; Flores-Villela y Hernández, 1992). La mayoría de los especímenes han perdido su color original por haber estado expuestos a la luz directa del sol, así como gran parte de las etiquetas originales tienen poca información y en muchos casos se han perdido, habiendo un gran número de especímenes sin ningún dato. El valor histórico es muy alto, a pesar de que su importancia científica es baja por la falta de información asociada al ejemplar. El museo cuenta con la mayor parte de los ejemplares tipo de anfibios y reptiles reportados por Smith y Necker (1945; UG, 2009), también se encontraron otros de peces y uno de un coleóptero descrito por Eugenio Dugès, así como ejemplares que no se tienen en otras colecciones del país, como la paloma mensajera (*Ectopistes migratorius*) ya extinta y de la que se conservan sólo 14 ejemplares disecados en todo el planeta, uno de los cuales se encuentra en el museo. Asimismo, se encuentran dos ejemplares de tuátara (*Sphenodon punctatus*) y un ornitorrinco, entre otros.

Ficha técnica de la colección

Número de registros de ejemplares: 3 104 registros curatoriales; número de ejemplares: 3 299 individuos; número de ejemplares tipo: dos paratipos, un neotipo y 16 holotipos.

Colecciones accesorias asociadas: las colecciones accesorias de cada grupo ya se encuentran integradas a la colección en su conjunto.

Personal adscrito: un curador de colecciones zoológicas y un curador del herbario con cuatro integrantes como personal de apoyo.

Infraestructura de la colección: cuenta con cinco salas de exhibición, área de resguardo de la colección reservada, bodega, oficinas, sala de audiovisual, área para talleres y tienda.

Base de datos: la información se encuentra dentro de las Bases de datos SNIB-Conabio. Proyecto V002, y corresponde al modelo Biótica 4.

Biblioteca asociada: se cuenta con parte de la biblioteca personal de Alfredo Dugès dentro de las instalaciones del museo, la otra parte de la biblioteca y documentos personales se encuentran en el Fondo A. Dugès de la Biblioteca Armando Olivares de la Universidad de Guanajuato.

Prácticas curatoriales: aún se encuentran en proceso de determinación varios ejemplares que no alcanzaron a ser capturados en la base de datos de Biótica. También está en proceso de evaluación de cada una de las piezas para su posible restauración.

Mantenimiento: se lleva a cabo un mantenimiento preventivo realizando una fumigación al año, con la finalidad de evitar posibles plagas que deterioren las colecciones. Recientemente se

reacondicionaron las salas de exhibición y con ello se instaló un nuevo sistema de iluminación a base de LED que no emiten radiaciones infrarrojas y UV, además se instaló un sistema que mantiene la temperatura constante dentro de las salas, con la finalidad de proveer de una atmósfera estable a las piezas y prevenir el deterioro que ocasionan los cambios de temperatura.

Servicios de intercambio, préstamo y donaciones: no se tiene servicio de intercambio, préstamo y donaciones por ser una colección histórica en la que se tienen pocos ejemplares por grupos, además de la antigüedad y delicadeza de las piezas, las cuales tienen entre 100 y 150 años.

Difusión y vinculación

Existen ya dos libros publicados: *Notas de Zoología tomadas durante mi estancia en México. Cuaderno 2* (Magaña-Cota, 2008), y *Lunes de ciencia (primer y segundo ciclo)*, (UG, 2009), así como artículos científicos derivados de los proyectos de investigación: "Colección de mamíferos del Museo de Historia Natural Alfredo Dugès de la Universidad de Guanajuato" (Magaña-Cota, 2006); "Del gabinete científico al aprendizaje interactivo: el Museo Alfredo Dugès" (Ramírez-Moreno *et al.*, 2008); "Murciélagos de Guanajuato: perspectiva histórica y actualización de su conocimiento" (Sánchez y Magaña-Cota, 2008); "Registros adicionales de murciélagos para Guanajuato" (Sánchez *et al.* 2009); "Mamíferos no voladores de Guanajuato"; "México: una primera revisión y nuevos registros estatales" (Sánchez *et al.* en preparación) y "Raman spectroscopy for the identification of pigments and color measurement in Dugès watercolors" (Fraustro-Reyes *et al.*, 2009). Además de otras publicaciones de divulgación de la ciencia y participaciones en congresos.

El museo cuenta con servicio de visitas a las salas de exhibición, talleres infantiles, cursos de educación continua y pláticas de divulgación de la ciencia, consulta de las colecciones y asesorías.

Formación de recursos humanos

Aun cuando el museo no cuenta con programas académicos de educación formal asociados a la formación de recursos humanos dentro de las actividades y proyectos de investigación, ya se han realizado seis tesis de licenciatura y una de maestría. También se han realizado servicios sociales profesionales tanto de biología como de carreras relacionadas con el diseño gráfico.

Perspectivas

El museo continuará con el trabajo de divulgación de la ciencia, los proyectos de investigación, tanto los relacionados con la colección histórica como de la diversidad actual del estado, asimismo seguirá prestando servicio de consulta. A largo plazo se pretende tener un nuevo espacio en el que se puedan tener colecciones de referencia de la diversidad de la entidad.

Agradecimientos

Se contó con la colaboración de diversas instituciones del país para las determinaciones, asesorías y consulta de colecciones. Agradecemos a el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); el Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM; el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM; el Laboratorio de Arqueozoología del Instituto Nacional de Antropología e Historia; el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca y el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato. Los investigadores que realizaron las determinaciones fueron: Patricia Escalante Pliego (aves); Noemí Chávez Castañeda (aves); Marco A. Gurrola Hidalgo (aves); Víctor Sánchez-Cordero (mamíferos); Antonio Santos Moreno (mamíferos); Óscar J. Polaco Ramos (mamíferos y moluscos); Ana Fabiola Guzmán Camacho (peces); Santiago Zaragoza Caballero (coleópteros); Víctor Hugo Toledo Hernández (coleópteros); Víctor Hugo Reynoso Rosales (anfibios y reptiles); Óscar Flores Villela (anfibios y reptiles); Luis Canseco Márquez (anfibios y reptiles); Ubaldo Guzmán Villa (anfibios y reptiles); Georgina González Monfil (anfibios y reptiles); Alejandro Francisco Oceguera Figueroa (nemátodos); Yissel Adriana Gadar Aguayo (arácnidos); Patricia Gómez López (esponjas); José Luis Villalobos Hiriart (crustáceos); Fernando Álvarez

(crustáceos); Alfredo Laguarda Figueras (equinodermos); Alicia de la Luz Durán González (equinodermos); Juan Torres Vega (equinodermos); Francisco A. Solís Marín (equinodermos); María Ana Fernández Álamo (medusas); Manuel Darío Salas Araiza (insectos). En el trabajo de curación, etiquetado, llenado de catálogos y captura en la base de datos participaron Héctor Rodríguez Chávez, Gabriela Gutiérrez Rodríguez y Gloria E. Magaña Cota.

Literatura citada

Arellano, M. 1952. "El Museo 'Alfredo Dugès' de la Universidad de Guanajuato", *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, **13**: 271-281.

Beltrán, E. 1945. "Datos y documentos para la historia de las ciencias naturales en México II. Correspondencia de Alfredo Dugès con Alfonso L. Herrera (1888-1893)", *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* **4**: 99-106.

———. 1953. "Alfredo Dugès: un siglo después, 1853-1953", *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, **14**: 157-168.

———, A. Jáuregui de C. y R. Cruz. 1990. *Alfredo Dugès*, 1ª ed. México, Instituto Estatal de la Cultura del Estado de Guanajuato.

Flores-Villela, O. y J.A. Hernández. 1992. "Las colecciones herpetológicas mexicanas", *Publicación Especial del Museo de Zoología* **4**: 1-24.

Fraustro-Reyes, C., M. Ortiz-Morales, J.M. Bujdud-Pérez *et al*. 2009. "Raman spectroscopy for the identification of pigments and color measurement in Dugès watercolors", *Spectrochimica Acta Part A* **74**: 1275-1279.

Herrera, A.L. 1902. "El Dr. Alfredo Dugès, nota biográfica presentada en la sesión que la Sociedad Alzate dedicó a este sabio naturalista", *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"* **17**: 5-17.

———. 1910. "Necrología, Dr. Don Alfredo Dugès", *Memorias de la Revista de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"* **29**: 41-43.

Jáuregui, de C.A. 1999. *Un científico del Porfiriato guanajuatense, Vicente Fernández Rodríguez*, Guanajuato, México, Instituto Estatal de la Cultura.

Lanuza, A. 1924. *Historia del Colegio del Estado*, 1ª ed. facsimilar 1998. México, Universidad de Guanajuato.

Maldonado-Koerdell, M. 1948. "Las colecciones de anfibios del Museo Alfredo Dugès en la Universidad de Guanajuato. I-Urodelos", *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"* **56**: 185-226.

Magaña-Cota, G.E. 2004. *Colección científica del Museo de Historia Natural Alfredo Dugès*. Universidad de Guanajuato. Bases de Datos SNIB-Conabio. Proyecto V002. México.

———. 2006. "Colección de mamíferos del Museo de Historia Natural Alfredo Dugès de la Universidad de Guanajuato", en C. Lorenzo, E. Espinoza, M. Briones *et al*. (eds.), *Colecciones mastozoológicas de México*. México, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), pp. 387-396.

——— (Coord.). 2008. Alfredo Dugès: *Notas de zoología tomadas durante mi estancia en México*, Cuaderno 2. Universidad de Guanajuato, Guanajuato, 362 pp..

——— y O.J. Polaco. 2008. Museo de Historia natural Alfredo Dugès. *Gaceta de Museos* 42-43 (38-41).

Martín del Campo, R. 1937. "Contribuciones para la historia de las ciencias biológicas en México: II. Alfredo Augusto Delsescautz Dugès, ensayo biográfico", *Anales del Instituto de Biología*, UNAM **8**: 437-455.

Ramírez-Moreno, S.E., S. Estrada y G.E. Magaña-Cota. 2008. "Del gabinete científico al aprendizaje interactivo: el Museo Alfredo Dugès", *Acta Universitaria* 18 Número especial **1**: 69-81.

Sánchez O. y G. Magaña-Cota 2008. "Murciélagos de Guanajuato: perspectiva histórica y actualización de su conocimiento", *Acta Universitaria* **18**: 27-39.

———, G. Téllez-Girón y G. Magaña-Cota. 2009. "Registros adicionales de murciélagos para Guanajuato", *Acta Universitaria* **19**: 40-47.

———, G. Téllez-Girón, G. Magaña-Cota *et al*. En preparación. *Mamíferos no voladores de Guanajuato, México: una primera revisión y nuevos registros estatales.*

Smith, H.M. y W.L. Necker. 1945. "Alfredo Dugès. Types of Mexican Reptiles and Amphibians", *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* **3**: 179-233.

——— y R.B. Smith. 1969. *Early foundations of Mexican herpetology. An annotated and indexed bibliography of the herpetological publications of Alfredo Dugès, 1826-1910*. EUA, University of Illinois Press.

UG (Universidad de Guanajuato). 2009. *Folleto de Bienes Preciosos de la Universidad de Guanajuato*. Comisión Determinadora de Bienes Preciosos de la UG (CDBP).

Villada, M.M. 1911. "La vida de un sabio", *La Naturaleza* (3) 1 (2): XIII-XXX, frontis.



RESUMEN

T. del Rosario L. Terrones Rincón | Oscar Báez Montes

Dentro de los seres vivos está incluida la información (a la cual llamamos genes) capaz de asegurar su permanencia a través del tiempo. Estos genes, contenidos en los ácidos nucleicos (adn) definen las formas de vida tan distintas en el planeta, desde aquellos organismos pequeñísimos y formados por sólo una célula (como en el caso de bacterias, protozoarios, así como algunos tipos de algas y hongos) hasta los formados por muchas células (algas, hongos, musgos, líquenes, plantas y animales). Esta información contenida en las células determina las diferencias anatómicas, fisiológicas, funcionales e incluso de comportamiento que definen las especies e incluso determina las diferencias entre organismos de la misma especie.

La supervivencia de las especies ante cambios drásticos del medio ambiente depende en gran parte de la diversidad genética presente en sus poblaciones; ésta es la base para la evolución y la selección natural. Por ello resulta importante conocer la diversidad genética de las especies silvestres y conservarla para sustentar tanto actividades productivas como criterios de conservación, por ejemplo, hay evidencia que Mesoamérica fue uno de los centros de origen de la agricultura, donde se domesticaron plantas silvestres para obtener variedades con características sobresalientes. Sin embargo, cuando el tamaño de las poblaciones silvestres se reduce, aumenta la reproducción entre organismos emparentados (consanguinidad) y hay una reducción de la diversidad genética (erosión genética); situación que las limita a responder favorablemente en condiciones adversas naturales o provocadas por el hombre.

Con respecto al estado de Guanajuato existe una creciente comunidad científica dedicada a este aspecto de la biodiversidad en instituciones de investigación y académicas como el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (inifap) y la Universidad de Guanajuato, entre otras.

Inicialmente se expone el conocimiento sobre la diversidad genética encontrada en microorganismos. Resalta la utilidad de caracterizar la diversidad genética de cepas de hongos que infestan al lirio acuático y la evaluación de su especificidad, que permita utilizarlos para el biocontrol de esta maleza invasora de la mayoría de embalses. Otro ejemplo es la manipulación de genes de virulencia de hongos que pueden ser utilizados eficazmente para el control biológico de insectos plaga, sin dañar a otros seres vivos. Se presentan también los resultados de estudios sobre los niveles de diversidad genética en especies acuáticas encontradas en humedales temporales, información que puede servir para establecer sitios para su conservación.

Otras herramientas utilizadas en la generación de información genética han permitido: *a*) distinguir entre especies que se dificulta su identificación por medios visuales (fenotípicos), como el caso presentado para las especies

Vanidad (fotografía de José Luis Telles Oros).

de garambullo en el estado; *b*) identificar los genes y proteínas involucradas en la maduración de frutos y otras características que le añaden mayor valor comercial (coloración, aroma y sabor), por ejemplo en tunas, del cual Guanajuato es uno de los centros de cultivo más importante del país; c) identificar subespecies, razas o variedades de especies nativas con una alta calidad nutrimental, como en el caso de los maíces criollos que se siguen cultivando en la zona del Bajío; *d*) revalorar la importancia de parientes silvestres de las plantas cultivadas como reservorio genético además de su capacidad de adaptación a condiciones de alta siniestrabilidad, y debido a que representan una fuente de genes para afrontar los posibles escenarios del cambio climático.

Finalmente, se presenta la importancia de las bases de datos, que sirven de consulta y apoyo a investigadores, industriales, docentes, organizaciones de productores y público en general interesado en conocer la diversidad genética, como por ejemplo la del maíz en el estado, que contribuye a valorar los cambios en la diversidad genética a través del tiempo.



ESTUDIO DE CASO

MEJORAMIENTO GENÉTICO DE HONGOS PATÓGENOS DE INSECTOS USADOS EN EL CONTROL DE PLAGAS



Juan Carlos Torres Guzmán | Claudia Erika Morales-Hernández | Eduardo Salazar Solís
Manuel Darío Salas | Ma. Azul del Rocío Martínez Vázquez | Cecilia Gamero Posada
Gloria Angélica González-Hernández

Resumen

El uso de hongos patógenos de insectos como *Metarhizium anisopliae, Beauveria bassiana y Verticillium lecani,* entre otros, para el control biológico de plagas es una alternativa eficaz y amable con el entorno, la cual en nuestro país y en particular en el estado de Guanajuato es usada en escala moderada. Una de las principales desventajas de estos biopesticidas, en comparación con el control químico, es su reducida permanencia en campo y el tiempo que tardan en matar a los insectos, por lo que es importante su mejoramiento. Una manera de lograrlo es mediante la manipulación de genes de virulencia, la comprobación de su eficacia contra las plagas y su inocuidad hacia los demás seres vivos en campo, lo cual impactaría en su uso así como en la conservación del ambiente y en los costos del control de plagas.

El problema de las plagas en la región del bajío

El cultivo de las crucíferas es de gran importancia socioeconómica en la región del Bajío. Se siembran alrededor de 30 000 ha al año de bróculi, coliflor y repollo (productos destinados principalmente al mercado de exportación), en



Fotografía de Cecilia Gamero Posada.

Torres Guzmán, J. C., C. E. Morales Hernández, E. Salazar Solís, *et al.* 2012. "Mejoramiento genético de hongos patógenos de insectos usados en el control de plagas" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 313-319.

los estados de Guanajuato y Querétaro (Bujanos, 2000); durante el año 2009 se sembraron más de 15 000 ha de brócoli en Guanajuato (*www.siap.gob.mx*). Como es frecuente en la agricultura intensiva, los problemas se han incrementado paralelamente al aumento de la superficie para la siembra, observándose mayor presencia de la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) junto a otros insectos, como son el gusano falso medidor (*Trichoplusia ni*) y el pulgón de la col (*Brevocoryne brassicae*) (Bujanos, 2000), empleándose el control químico como principal estrategia de manejo de plagas.

El uso indiscriminado de los plaguicidas químicos en la agricultura ha generado la selección de insectos cada vez más resistentes, reduciendo el número de insecticidas capaces de ejercer un control eficiente de sus poblaciones. En 1938 se conocían siete especies de insectos con resistencia a insecticidas. Actualmente se conocen cerca de 504 especies de insectos y ácaros, un total de casi 150 especies de patógenos de plantas y cerca de 273 especies de mala hierba, resistentes a los pesticidas químicos. Este hecho ha provocado que se desarrollen y utilicen pesticidas cada vez más potentes, lo que genera graves problemas de contaminación, por lo que ocupa el cuarto lugar de los problemas ambientales más importantes del planeta (Hart y Pimentel, 2002). El abuso de los pesticidas ha causado que la entomofauna benéfica disminuya, favoreciendo el desequilibrio entre las plagas y sus enemigos naturales y, como consecuencia, que las plagas ataquen con más intensidad.

El avance de la biotecnología ha permitido entrar en una nueva era de producción agrícola, con gran ayuda por parte de las nuevas técnicas desarrolladas en ingeniería, genética, química e industrial (Tamez-Guerra *et al.*, 2001). Existe una tendencia mundial a utilizar alternativas de manejo sano de la agricultura, que garantizan sustentabilidad, seguridad ambiental y calidad en los productos alimenticios.

Dentro de estas alternativas se encuentra el control biológico (CB) de plagas, el cual puede cubrir los requisitos de seguridad ambiental e inocuidad. En la región del Bajío, la implementación del programa de manejo integrado de la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*), en brócoli (*Brassica oleraceae*), y el complejo gallina ciega (*Phyllophaga ravida*), en suelo, ha logrado mantener la densidad poblacional de las plagas mencionadas a un nivel que no es un problema para la producción agrícola (Bujanos, 2000). Para su control, el manejo integrado implica el uso del CB, la rotación de cultivos, cultivos mixtos e insecticidas de bajo riesgo.

Hongos usados en el control biológico

Los hongos patógenos de insectos (entomopatógenos) constituyen un grupo de más de 750 especies y de casi 100 géneros que pueden infectar insectos. Entre los géneros más importantes se encuentran: *Metarhizium, Beauveria, Aschersonia, Entomophthora, Zoophthora, Erynia, Eryniopsis, Akanthomyces, Fusarium, Hirsutella, Hymenostilbe, Paecelomyces y Verticillium* (López y Hans Börje, 2001). Sin embargo, sólo algunos hongos entomopatógenos han sido estudiados a mayor profundidad y son utilizados comercialmente en el CB de insectos plaga de importancia agrícola, entre los que se encuentran *Metarhizium anisopliae y Beauveria bassiana* (cuadro 1).

M. anisopliae es un hongo ascomiceto mitospórico de distribución cosmopolita. El conjunto de los aislados descritos ataca a más de 200 especies de insectos, y cada aislado reconoce un número pequeño de hospederos contra los cuales es muy eficiente (St. Leger *et al.*, 1997). *M. anisopliae* en condiciones de laboratorio puede desarrollarse en ausencia de su hospedero, y en el campo se identifica fácilmente por su conidiación verde olivo sobre la cutícula del insecto hospedero, denominándosele coloquialmente como "*muerte verde*". Este hongo es capaz de infectar al insecto blanco (hospedero) en sus diferentes estadios de desarrollo (figura 1).

M. anisopliae ha sido usado en el CB de cucarachas (Charnley, 1989) y en Brasil se explota comercialmente desde 1970 para controlar *Mahanarva posticata*, plaga de la caña de azúcar (Charnley, 1989). En el Bajío se usa principalmente para el control de gallina ciega (complejo *Phyllophaga*) y plagas de follaje como *P. xylostella* (Torres-Guzmán *et al.* 2008). Al igual que en otras regiones del mundo donde se ha empleado el CB de dichas plagas, éste se realiza

Cuadro 1. Principales hongos patógenos de insectos utilizados comercialmente en el CB de plagas.

Especie	Insecto plaga
Beauveria bassiana	Langostas, chapulines, áfidos, escarabajos, mosquita blanca
Beauveria brogniartii	Moscas, escarabajos
Langenedium giganteum	Mosquitos
Metarhizium anisopliae	Termitas, chapulines, gallina ciega, langostas, picudos de chile y algodón, escarabajos, palomilla dorso de diamante.
Paecilomyces fumorososeus	Mosquita blanca
Lecanicillium (Verticillium) lecanii	Áfidos, mosquita blanca

Fuente: Tomado y modificado de Wraight *et al*., 1998.

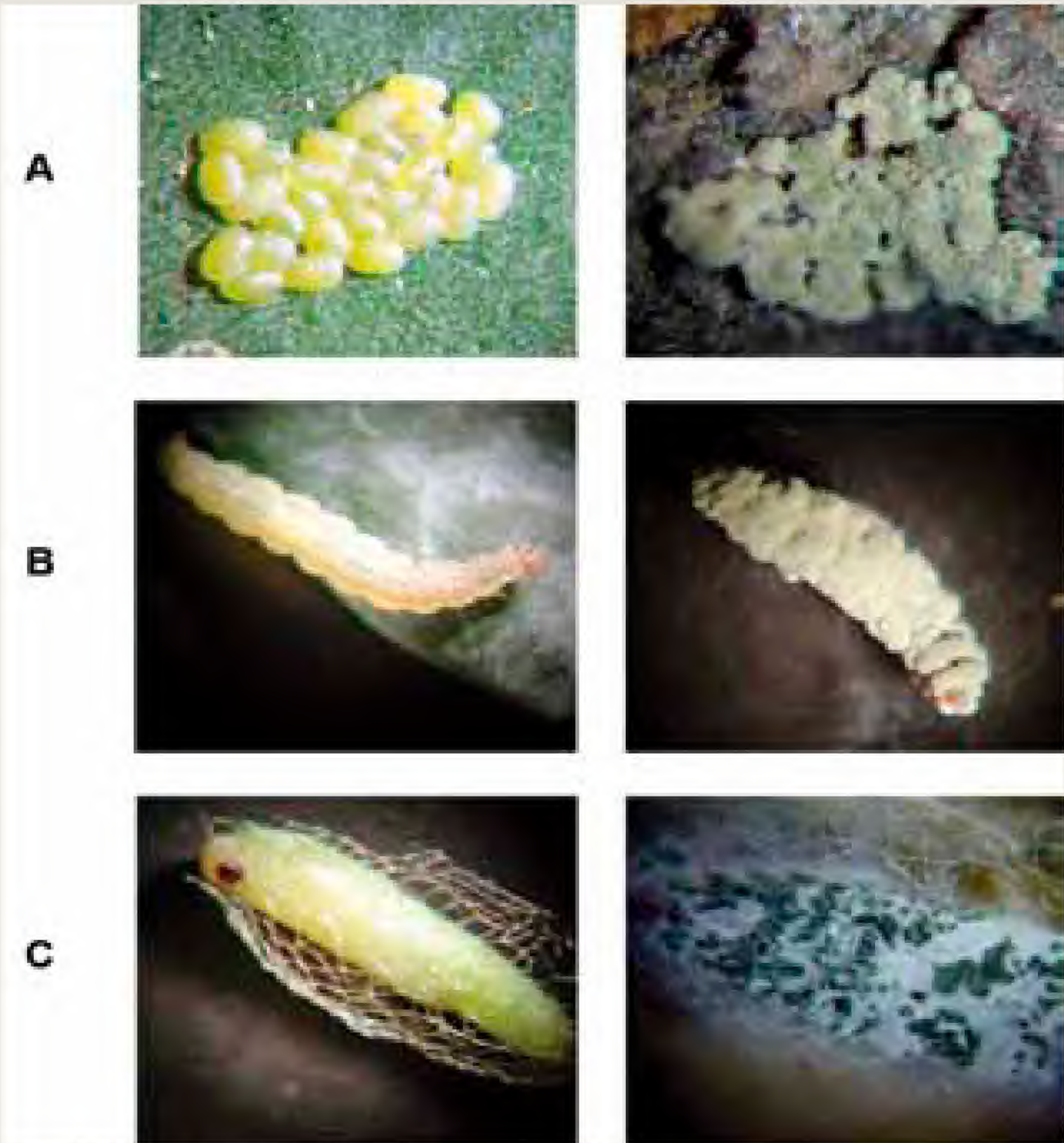


Figura 1. Infección del insecto *Plutella xylostella*, en distintos estadios de desarrollo, por el patógeno de insectos *Metarhizium anisopliae*. A. huevecillos sanos e infectados. B. larva sana e infectada. C. pupa sana e infectada (elaborado por Torres-Guzmán y González-Hernández).

de una manera eficiente, sin dañar el ambiente, la entomofauna o al ser humano.

Ventajas de los hongos entomopatógenos empleados en el CB

El éxito de los hongos entomopatógenos es en buena medida debido a que la infección ocurre mediante penetración directa de la cutícula del insecto (figura 2). Este proceso inicia cuando el conidio (estructura de resistencia y dispersión) entra en contacto con la cutícula del insecto hospedero. Bajo condiciones de humedad apropiados el conidio germina creciendo como hifa (crecimiento filamentoso característico de los hongos) y en la punta de la hifa forma un apresorio (estructura de adhesión de la hifa a la cutícula). Del apresorio emerge la hifa infectiva que penetra la cutícula hasta llegar al hemocele (sistema circulatorio) del insecto, donde se disemina dañando los tejidos del insecto y causando su muerte (Clarkson y Charnley, 1996). La interacción hongo-hospedero es específica y no ataca a otros insectos que no son su blanco ni a ningún otro ser vivo, incluyendo al humano (Badii *et al*., 2000). También, el hongo no extingue a su insecto blanco, sino que se alcanza el equilibrio entre la presa (insecto) y el predador (hongo entomopatógeno), reduciendo la población del insecto a un nivel que ya no representa un peligro para la producción agrícola y conservándose las especies que conforman el ecosistema donde es aplicado (Badii *et al*., 2000; Hajek, 2004), por lo que se espera, y se ha observado, que la aplicación del CB mediado por entomopatógenos –entre ellos *M. anisopliae*– en la región del Bajío no afecten el ambiente y sí, en cambio, repercutan positivamente en su conservación, en la calidad de la producción agrícola y en la calidad de vida de los consumidores de estos productos.

Desventajas de los hongos entomopatógenos empleados en el CB

Una gran desventaja del CB, en comparación con los pesticidas químicos, es el tiempo que tarda en matar al insecto blanco una vez que ha sido aplicado en campo (tres a 10 días). Además, es afectado por diversos factores ambientales como son la humedad, temperatura y de manera muy importante por la luz solar, los que al afectar la

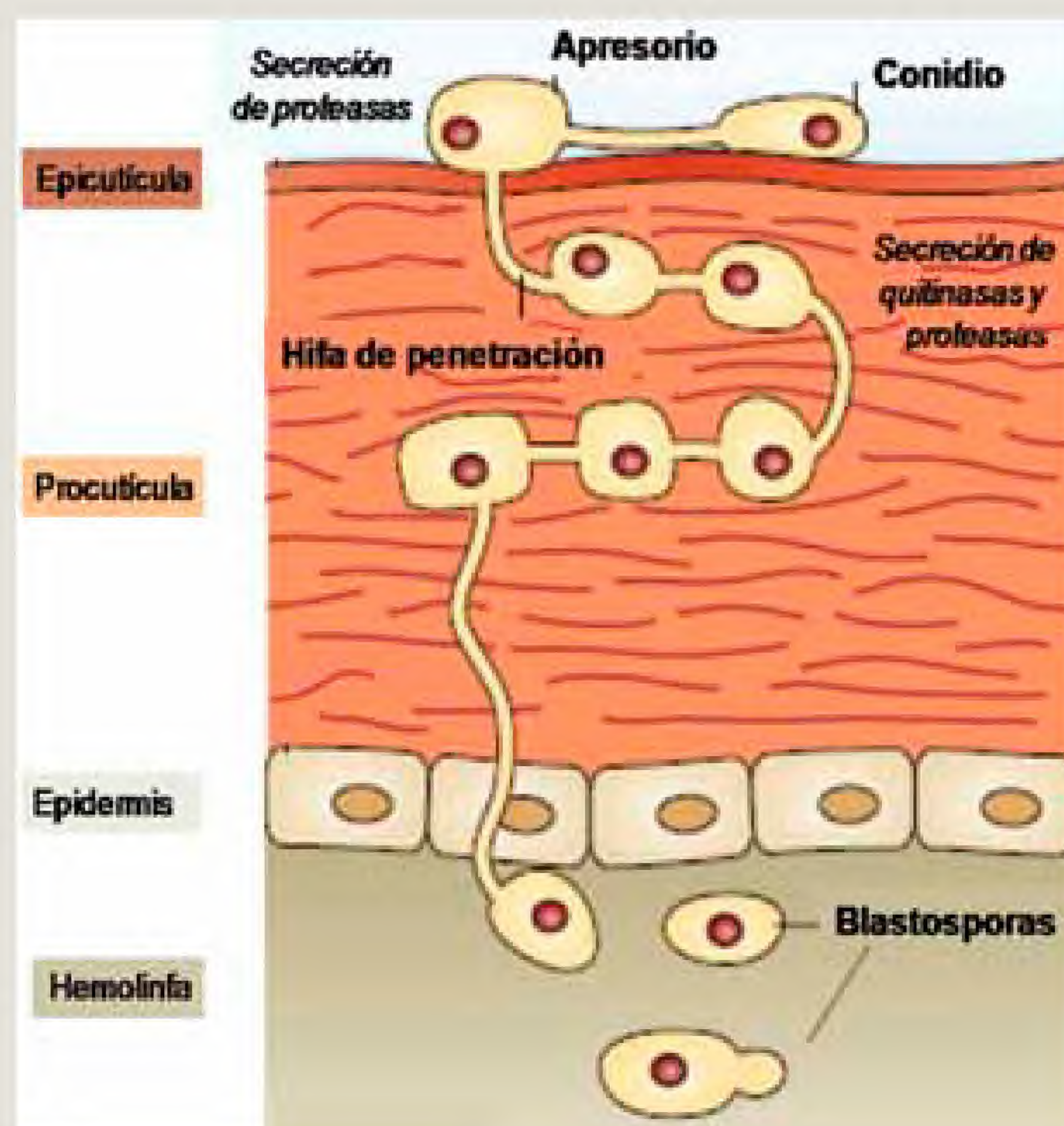


Figura 2. Esquema del proceso de infección de los hongos entomopatógenos a su insecto blanco (tomado y modificado de Clarkson y Charnley, 1996).

viabilidad de los conidios impactan directamente en la eficacia del hongo para infectar y matar a la plaga, por lo que es recomendable que el biopesticida se aplique por la noche con el agua de riego, dando tiempo para que el conidio, al estar en contacto con el insecto en alta humedad, germine sobre la cutícula y penetre al insecto antes de que la luz solar afecte su viabilidad.

Cómo superar esas desventajas

Acelerando su velocidad de penetración mediante proteasas y quitinasas

Las proteasas y quitinasas son enzimas secretadas por el hongo durante la invasión al insecto, herramientas importantes para la penetración de la primera barrera de defensa del insecto: la cutícula, que está compuesta principalmente por quitina (homopolímero no ramificado de N-acetilglucosamina) y proteínas fibrilares del tipo de la elastina, responsables de su rigidez y dureza. Las proteasas son las primeras enzimas secretadas por el hongo durante la formación del apresorio (figura 2), estas enzimas degradan las proteínas fibrilares de la cutícula desnudando a la quitina, que induce en ese momento la secreción de quitinasas, las que se encargan de degradar la quitina debilitando la cutícula. De este modo, la hifa infectiva empujada por su propio crecimiento y turgor (presión interna de la célula) es capaz de penetrar la cutícula reblandecida, llegando al hemocele donde, aprovechando los nutrientes de la hemolinfa (sangre del insecto), crece y se disemina (figura 2) (St. Leger *et al.*, 1986, Paterson *et al.*, 1994; Clarkson y Charnley, 1996).

Si las proteasas y quitinasas son herramientas tan importantes para permitir que la hifa infectiva sea capaz de penetrar la cutícula, entonces es lógico suponer que si genéticamente se aumenta la producción de estas proteínas juntas o por separado, podría incrementarse la virulencia.

Una manera de incrementar la expresión de un gen es introduciendo más de una copia de dicho gen a la cepa silvestre o cambiando la región regulatoria del gen por una que permita altos niveles de expresión (promotor fuerte). La región regulatoria (también llamada promotor) de un gen es la responsable del grado de expresión del gen en cuestión.

Con esta idea en mente el grupo de St. Leger aisló el gen de subtilisina y proteasa mayoritaria, denominada PR1 (St. Leger *et al.*, 1992); *in vitro* se cambió la región regulatoria del gen PR1A por la región regulatoria de un gen de expresión fuerte llamada gpdA, este gen modificado lo introdujeron a una cepa silvestre de *M. anisopliae*, generando una cepa transgénica. Observaron que se incrementó a la par la proteína extracelular PR1A y la virulencia, además, se observó que los insectos infectados con la cepa genéticamente modificada, comían 40% menos en comparación con los insectos infectados con la cepa silvestre. De esta manera se obtuvo una cepa modificada con mayor potencial bioinsecticida que la cepa silvestre, la cual mata más rápido al insecto y hace que éste deje de comer mucho antes, protegiendo la producción agrícola (St. Leger *et al.*, 1996).

En el entomopatógeno *Beauveria bassiana* también la sobreexpresión de su propio gen de proteasa (CDEP1), equivalente a PR1A, permitió la obtención de cepas mejoradas en su virulencia (Fang *et al.*, 2009). Siguiendo la misma lógica, se modificó el gen de la quitinasa *chit*1

cambiando su propio promotor por el promotor gpdA y se introdujo a *Metarhizium anisopliae*. Sin embargo, la sobreexpresión del gen *chit*1 no alteró la virulencia de las cepas de *M. anisopliae* contra larvas de *Manduca sexta* en comparación con la cepa silvestre (Screen *et al.*, 2001). En contraste, en otros patógenos usados en CB como *Trichoderma harzianum* y *Beauveria bassiana* la sobreexpresión de sus propios genes de quitinasa, *chit*42 y *chit*1, sí incrementó su virulencia (Weiguo *et al.*, 2005).

Debido a estos resultados se pensó que una proteína con ambas actividades de quitinasa y proteasa podría mejorar aún más la virulencia. Fang *et al* (2009) construyeron y sobreexpresaron la proteína quimera "proteasa-quitinasa" (CDEP1-*chit1*) en *B. bassiana*, observando una mayor virulencia que en las cepas transgénicas que sólo sobreexpresan quitinasa o proteasa, o en la cepa silvestre, indicando que la manipulación genética de estos dos genes es capaz de generar cepas más virulentas para un control más efectivo de las plagas (Fang *et al.*, 2009).

Incrementado su virulencia mediante la expresión de genes de toxinas

Otra alternativa adicional es la expresión de genes de toxinas, por ejemplo, la neurotoxina del alacrán en *M. anisopliae y B. bassiana*. (Wang y St. Leger, 2007; Lu *et al.*, 2008), lo cual permitió a estos *biopesticidas* matar con mayor eficiencia a sus hospederos, entre ellos las orugas *Dendrolimus punctatus y Manduca sexta*, la polilla *Galleria mellonella* y el insecto adulto de la fiebre amarilla (*Aedes aegypti*) sin comprometer su especificidad de huésped.

Incrementando su virulencia mediante la expresión de genes que mejoran la respuesta al estrés oxidativo

Considerando que el estado de Guanajuato es muy importante debido a su productividad agrícola, es relevante no sólo conocer las especies nativas de hongos entomopatógenos que existen en la región y utilizarlas para el CB de las plagas, sino también mediante la manipulación genética generar cepas más eficientes en dicho control.

En este sentido, en nuestro grupo de trabajo, el objeto de estudio es el entomopatógeno *M. anisopliae*. Hemos aislado varios genes de virulencia de este hongo, generando cepas transgénicas más virulentas (cuadro 2), mientras su impacto en campo está en proceso de evaluación.

Uno de los genes estudiados es el gen *cat*1 que codifica para una catalasa. Se sabe que altas concentraciones de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) provocan estrés oxidativo causando daño e incluso la muerte a las células, y las catalasas constituyen parte del primer mecanismo de defensa de las células, siendo las encargadas de eliminar el H_2O_2 convirtiéndolo en oxígeno molecular (O_2) y agua (H_2O) (Friedberg *et al.*, 2006; Zamocky *et al.*, 2008). También se ha descrito que los conidios de *M. anisopliae* tienen un alto consumo de oxígeno al germinar, formando altos niveles de H_2O_2 (Braga *et al.*, 1999). En el caso de las plantas, se sabe que éstas producen altos niveles de H_2O_2 como mecanismo de defensa en respuesta a un patógeno invasor (Garre *et al.*, 1998). Con estos antecedentes nuestro grupo de trabajo planteó la hipótesis de que si se incrementaba la expresión del gen *cat*1 *en M. anisopliae*, en cepas nativas de la región, éste podría eliminar más eficientemente el H_2O_2 producido por él mismo y/o el H_2O_2 producido por el insecto para defenderse de su atacante. De esta manera, posiblemente germinaría más rápido y crecería mejor dentro del insecto hospedero causando su muerte en menor tiempo. Se generaron los transgénicos de *M. anisopliae* sobreexpresantes de *cat*1, demostrando que efectivamente germinan más rápido, toleran mayores cantidades de H_2O_2 y se requiere aplicar menores dosis de conidios del *biopesticida* (10 a 14 veces menos respecto del *biopesticida* no modificado) para matar a la población de insectos hospederos y lo hacen en un lapso de tiempo menor (25% menos), además de que no afectan a otros insectos benéficos (Morales-Hernández *et al.*, 2010).

En resumen, es factible el mejoramiento genético de los biopesticidas convirtiéndolos en herramientas más eficaces para el control de plagas sin afectar otras características de los mismos, por lo que pueden ser considerados *organismos genéticamente seguros*.

Cuadro 2. Determinación de las Dosis Letal media y Dosis Letal 90 de cepas transgénicas de *Metarhizium anisopliae* para matar larvas de *Plutella xylostella*.

Cepa	Dosis letal media DL_{50}	Dosis letal DL_{90}
Silvestre *	6.4×10^7	1×10^{12}
Transgénica 1	9.4×10^5	8×10^8
Transgénica 2	5.7×10^4	5.7×10^7
Transgénica 3	2.5×10^5	1.8×10^8

Elaboración: González Hernández y Torres Guzmán.
*Se usó como control una cepa silvestre mexicana de *M. anisopliae*.
a. La dosis letal representa el número de conidios que se requiere para matar a la mitad de la población (DL_{50}) o a 90% de la población (DL_{90}).

Perspectivas a futuro

El control de plagas mediante el uso de *biopesticidas* es eficiente y puede ayudar a disminuir considerablemente el uso de pesticidas químicos. Estos *biopesticidas* son indudablemente, susceptibles de mejoramiento genético sin afectar su rango de hospederos, garantizando que no afecten a organismos benéficos ni al hombre y preservando los ecosistemas. Por lo que, con los avances científicos enfocados al conocimiento de cómo el patógeno afecta a su hospedero y cómo éste responde al patógeno, aunado al conocimiento del genoma de los organismos involucrados, no cabe duda que se podrán generar "*biopesticidas a medida*", que cumplan con la característica deseable de ser organismos genéticamente seguros beneficiando al ambiente y las actividades humanas, y combatiendo con mayor eficacia plagas específicas.

Literatura citada

Badii, M.H., A.E. Flores y L.J. Galán Wong. 2000. *Fundamentos y perspectivas del Control Biológico*. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).

Braga, G.U., R.H. Destefano y C.L. Messias. 1999. "Oxygen consumption by *Metarhizium anisopliae* during germination and growth on different carbon sources", *Journal Invertebrate Pathology* **74**: 112-119.

Bujanos, M.R. 2000. "Manejo integrado de plagas en crucíferas", en M.N. Bautista, A.D. Suárez y O. Morales (eds.), Temas Selectos en *Fitosanidad de Hortalizas*. Montecillo Texcoco, México, Instituto de Fitosanidad/ Colegio de Postgraduados, pp. 47-61.

Charnley, A.K. 1989. "*Mycoinsecticides*: present use and future prospects", en *Progress and future prospects in insect control, BCPC Monograph* **43**:165-181.

Clarkson, J.M. y A.K. Charnley. 1996. "New insights into the mechanisms of fungal pathogenesis in insects", *Trends Microbiology* **4**: 197-203.

Fang, W., J. Feng, Y. Fan *et al*. 2009. "Expressing a fusion protein with protease and chitinase activities increases the virulence of the insect pathogen *Beauveria bassiana*", *Journal Invertebrate Pathology* **102**: 155-159.

Friedberg, E.C., G.C. Walker, W. Siede *et al*. 2006. *DNA Repair and Mutagenesis*. Washington D.C., 2a ed. ASM Press, pp. 14-19.

Garre, V., K.B. Tenberge y R. Eising. 1998. "Secretion of a fungal extracellular catalase by *Claviceps purpurea* during infection of rye: putative role in pathogenicity and suppression of host defense", *Phytopathology* **88**: 744-753.

Hajek, A.E. 2004. *Natural enemies. An introduction to biological control*. Nueva York, E.U.A., Cambridge University Press.

Hart, K.A. y D. Pimentel. 2002. "Enviromental and economic cost of pesticide use", en Pimentel, *Encyclopedia of pest management*. E.U.A., Marcel Dekker.

López, L.V. y J. Hans Börje. 2001. "Del suelo: control biológico de nemátodos fitopatógenos por hongos nematófagos", *Cuaderno de Biodiversidad* **6**: 12-15.

Lu, D., M. Pava-Ripoll, Z. Li *et al*. 2008. "Insecticidal evaluation of *Beauveria bassiana* engineered to express a scorpion neurotoxin and a cuticle degrading protease", *Applied Microbiology Biotechnology* **81**: 515-522.

Morales-Hernández, C.E., I.E. Padilla-Guerrero, G.A. González-Hernández *et al.* 2010. “Catalase overexpression reduces the germination time and increases the pathogenicity of the fungus *Metarhizium anisopliae”, Appl Microbiol Biotechnol*, **87**: 1033-1044.

Paterson, I.C., A.K. Charnley, R.M. Cooper *et al.* 1994. “Partial characterization of specific inducers of a cuticle-degrading protease from the insect pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*”, *Microbiology* **140**: 3153-3159.

Screen, S., Hu, G. y R.J. St. Leger. 2001. “Transformants of *Metarhizium anisopliae sf. anisopliae* overexpressing chitinase from *Metarhizium anisopliae sf. acridum* show early induction of native chitinase but are not altered in pathogenicity to *Manduca sexta”, Journal Invertebrate Pathology* **78**: 260-266.

St. Leger, R.J., A.K. Charnley y R.M. Cooper. 1986. “Cuticle degrading enzymes of entomopathogenic fungi: synthesis in culture on cuticle”, *Journal Invertebrate Pathology* **48**: 85-95.

———, R.J., D.C. Frank, D.W. Roberts *et al.* 1992. “Molecular cloning and regulatory analysis of the cuticle-degrading- protease structural gene from the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*”, *European Journal Biochemistry* **204**: 991-1001.

———, R., L. Joshi, M.J. Bidochka *et al.* 1996. “Construction of an improved mycoinsecticide overexpressing a toxic protease”, *Proceedings National Academy Sciences* **93**: 6349-6354.

———, R.J., L. Joshi y D.W. Roberts. 1997. “Adaptation of proteases and carbohydrates of saprophytic, phytopathogenic and entomopathogenic fungi to the requirements of their ecological niches”, *Microbiology* **143**: 1983-1992.

Tamez-Guerra, P., L.J. Galán-Wong, H. Medrano-Roldán *et al.* 2001. “Bioinsecticidas: su empleo, producción y comercialización en México”, *Ciencia* UANL **4**: 143-153.

Torres-Guzmán, J.C., E. Salazar-Solís y G.A. González-Hernández. 2008. “Búsqueda de alternativas ecológicamente amables para el control de plagas en la agricultura moderna: *Metarhizium anisopliae como modelo de estudio*”, Ide@s CONCYTEG, año 3, **37**: 4-9.

Wang, C. y R.J. St. Leger. 2007. “A scorpion neurotoxin increases the potency of a fungal insecticide”, *Nature Biotechnology* **25**: 1455-1456.

Weiguo, F., B. Leng, X. Yuehua *et al.* 2005. “*Cloning of Beauveria bassiana chitinase* gene Bbchit1 and its application to improve fungal strain virulence”, *Applied Environmental Microbiology* **71**: 363-370.

Wraight, S., R. Carruthers, C. Bradley *et al.* 1998. “Pathogenicity of the entomopathogenic fungi *Paecilomyces* spp. and *Beauveria bassiana* against the silverleaf whitefly, Bemisia argentifolii”, *Biol. Control* **17**: 203-217.

Zamocky M., P.G. Furtmuller y C. Obinger. 2008. “Evolution of catalases from bacteria to humans”, *Antioxid Redox Signal* **10**: 1527-1548.

HONGOS FITOPATÓGENOS DEL LIRIO ACUÁTICO EN LA LAGUNA DE YURIRIA

9 Capítulo

MA. TERESA VIEYRA HERNÁNDEZ | JOSÉ GUADALUPE MONTENEGRO CALDERÓN | ROBERTO CHÁVEZ HERRERA
CARLOSALBERTO LEAL MORALES

El lirio acuático, *Eichhornia crassipes*, es una planta capaz de crecer en una amplia variedad de hábitats de agua dulce (Gopal, 1987), es amazónica de origen, pero actualmente, y con la ayuda del hombre, se encuentra distribuida en casi todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Goyer y Stark, 1981; Wright y Center, 1984; Gopal, 1987; Harley, 1990). La planta se reproduce asexualmente por estolones o alargamientos de la misma planta (rizomas) de los que se diferencia una nueva planta, o sexualmente por semillas, las cuales pueden llegar a germinar en un periodo de hasta 20 años y que se producen en los ovarios de la flor lila, cuya belleza ha motivado su dispersión (Gopal, 1987).

Eichhornia crassipes se ha empleado para diversos fines, pero la realidad es que es una planta agresiva con el ambiente, pues desplaza especies nativas, provoca estancamientos o disminución de corrientes de agua reduciendo la cantidad de oxígeno disuelto, creando así sitios idóneos para la reproducción de vectores de enfermedades, como los mosquitos, entre otros (Gopal, 1987; Harley, 1990). Además, se ha convertido en una planta que amenaza mundialmente a todos los cuerpos de agua, considerándola un gran problema para el desarrollo y el pleno aprovechamiento de los recursos hídricos (Goyer y Stark, 1981; DeLoach y Cordo, 1983; Harley, 1990; Grodowitz *et al.* 1991; Aguilar, 1994). Por lo que se realizan grandes esfuerzos a nivel mundial para lograr su control más que su posible aprovechamiento industrial o en otro campo, ya que algunas características de la planta, como su biología (contiene gran cantidad de agua en su tejido vegetal) y el alto costo para extraerla de los cuerpos acuáticos, no hace redituable su utilización (Cofrancesco, 1998; Aguilar, 1994). Con la finalidad de controlar la población del lirio acuático y poder restablecer el aprovechamiento del recurso agua, a nivel mundial se han empleado principalmente tres tipos de control: el físico o mecánico, el químico y el biológico (Jayanth, 1988).

En el estado de Guanajuato hay esfuerzos serios, encabezados por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, por implementar el control biológico del lirio acuático. El grupo de trabajo del Departamento de Biología de la Universidad de Guanajuato inició en el año 2000 el estudio tendiente a utilizar los hongos presentes en las plantas de lirio acuático de la laguna de Yuriria y seleccionar alguno como potencial biocontrolador de esta planta.

Se colectaron 20 plantas del lirio acuático en diferentes fechas en el año 2000, con claros signos de enfermedad. Se disectaron varias muestras del tejido vegetal, las cuales se pasaron a medios de cultivo para permitir el desarrollo de los hongos presentes. Fue posible obtener 25 aislados fúngicos, a cada uno se les asignó una clave, consistente en una combinación de números y letras, para identificarlos.

Los 25 aislados fueron identificados a nivel de género empleando técnicas morfológicas y moleculares (secuencias de genes de proteínas y ribosomales). Los hongos denominados 16, 16-A a D y 18 pertenecen al género *Acremonium* (figura 1 a), los aislados 4, 11, 18-B, 19, 19-4, 20-1 y 20-2 pertenecen al género *Alternaria* (figura 1 b). Se identificó un aislado del género *Botrytis* (aislado 5T, figura 1 c), mientras que los hongos denominados, 5H y 15, resultaron pertenecer al género *Cercospora* (figura 1 d), sólo en este caso las esporas se obtuvieron del tejido vegetal infectado. También se obtuvo un solo aislado de los géneros *Cladosporium* (aislado 19-2, figura 1 e), *Epicoccum* (aislado 19-1, figura 1 f) y *Paecilomy-*

Vieyra Hernández, M. G., J. G. Montenegro Calderón, R. Chávez Herrera, *et al.* 2012. "Hongos fitopatógenos del lirio acuático en la Laguna de Yuriria" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 320-324.

ces (aislado 12, figura 1 g). Dos de los aislados pertenecen al género *Penicillium*, 15-B y 19-3 (figura 1 h), y tres más al género *Phoma*, 3, 14 y 15-A (figura 1 i) y un solo aislado se obtuvo del género *Torula* (aislado 15-C, figura 1 j).

Las especies de un mismo género presentan, en algunos casos, diferencias en cuanto a su velocidad de crecimiento (mm/día). Este crecimiento se determinó en cinco medios de cultivos de los diferentes aislados fúngicos para los géneros que presentaron más de un aislado se determinó su promedio. Se observa que los aislados del género *Alternaria* (4, 11, 18-B, 19, 19-4, 20-1 y 20-2) mostraron diferencias importantes entre ellos, pudiéndose formar, por su similitud, cuatro grupos distintos. En el caso de los seis hongos identificados en el género *Acremonium* se formaron dos grupos distintos, mientras que los tres aislados del género *Phoma* se pudieron agrupar en dos. En el caso de los dos aislados de *Cercospora y Penicillium*, ambos muestran claramente diferencias entre sí. Lo que nos lleva a pensar que contamos con especies diferentes de estos géneros.

Con la finalidad de determinar los efectos del aislado sobre las plantas del lirio se empleó micelio para infectar hojas sanas y cuantificar el daño. Lo anterior permitió clasificar los aislados fúngicos en tres categorías, de acuerdo a la severidad de daño: los aislados más patógenos a la planta fueron el 5T (*Botrytis*), 5H, 15 (*Cercospora*), 15-C (*Torula*), 18 (*Acremonium*), 18-B, 19, 19-4 y 20-1 (*Alternaria*). De estos nueve se obtuvieron las esporas para realizar nuevamente las pruebas de severidad, excepto de los aislados 5H y 15 que no presentan esporas en medios de cultivo por lo que se inocularon fragmentos licuados de micelio. De esta prueba se seleccionaron los hongos denominados 18 (*Acremonium*) y 20-1 (*Alternaria*) por ser los que presentaron el mayor daño foliar con 69% y 60%, respectivamente, para hacer una prueba *in situ* en la laguna de Yuriria.



a)

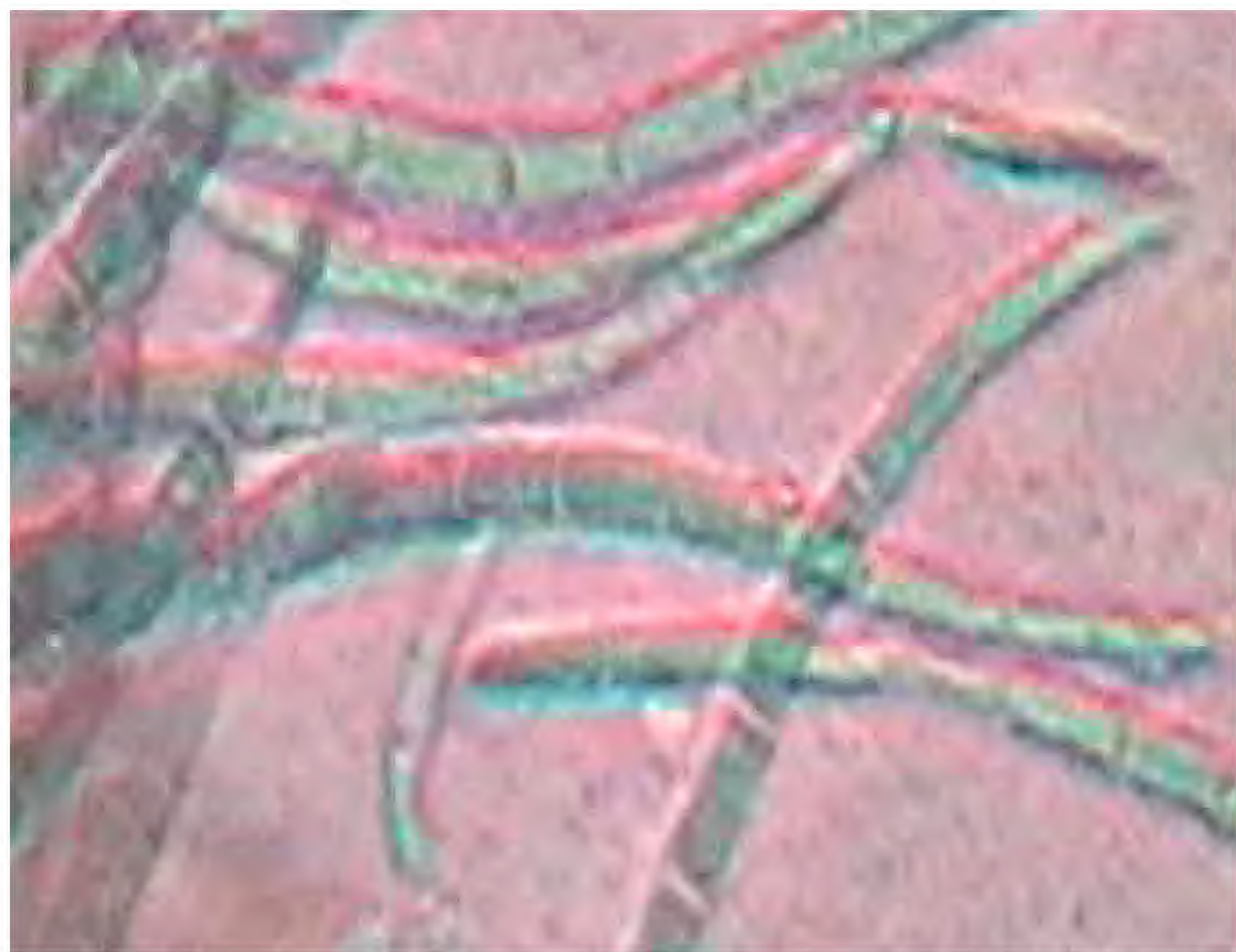


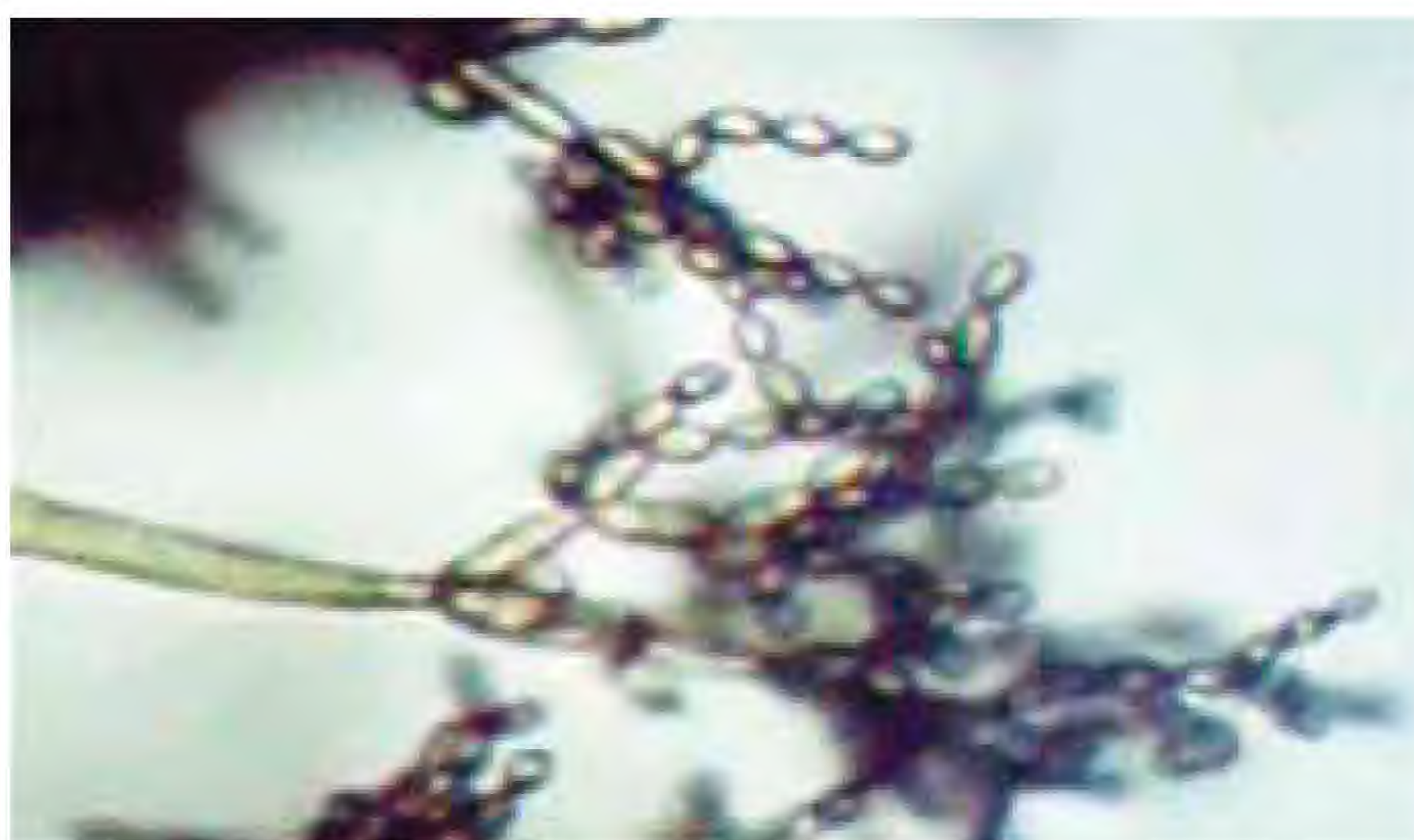
b)

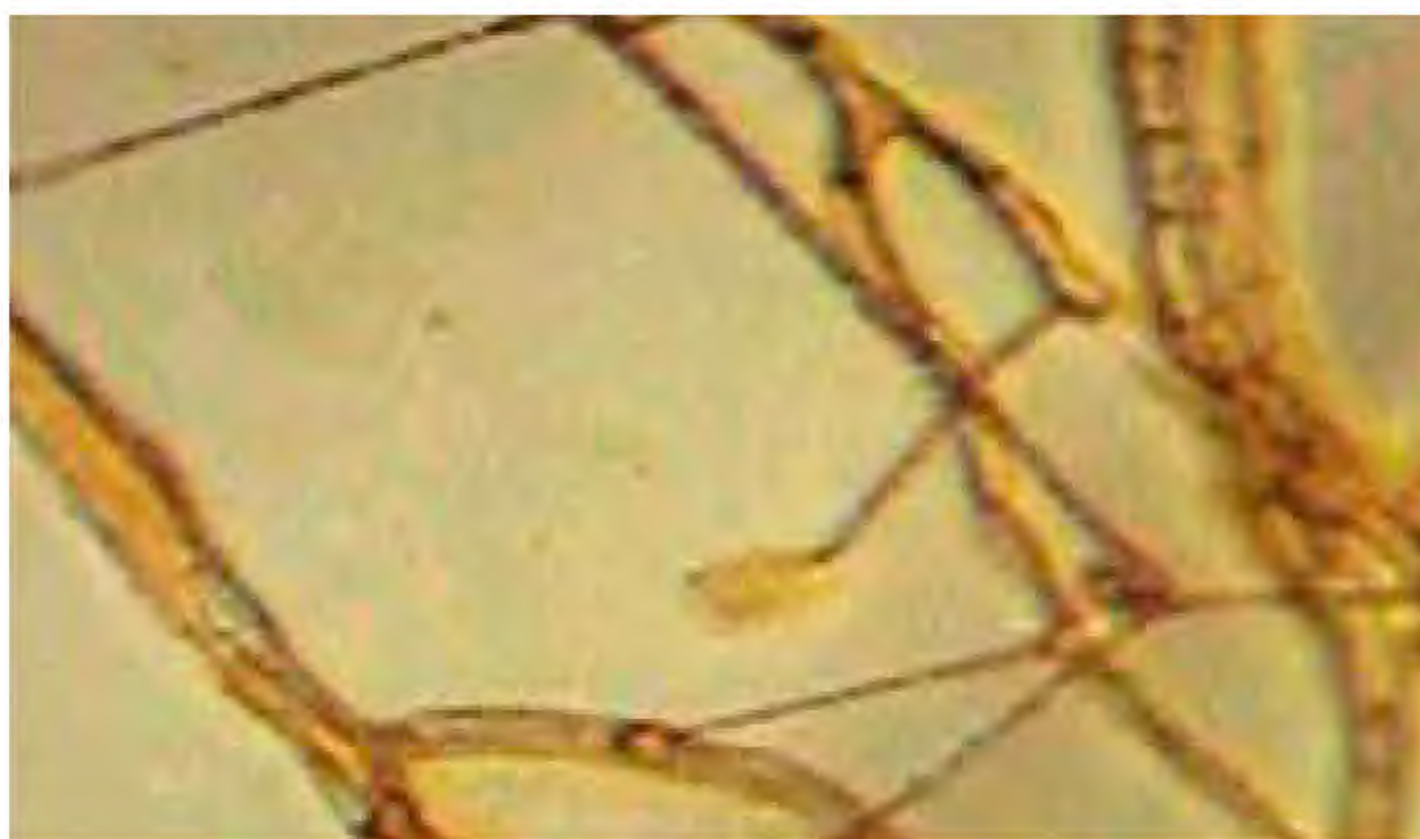


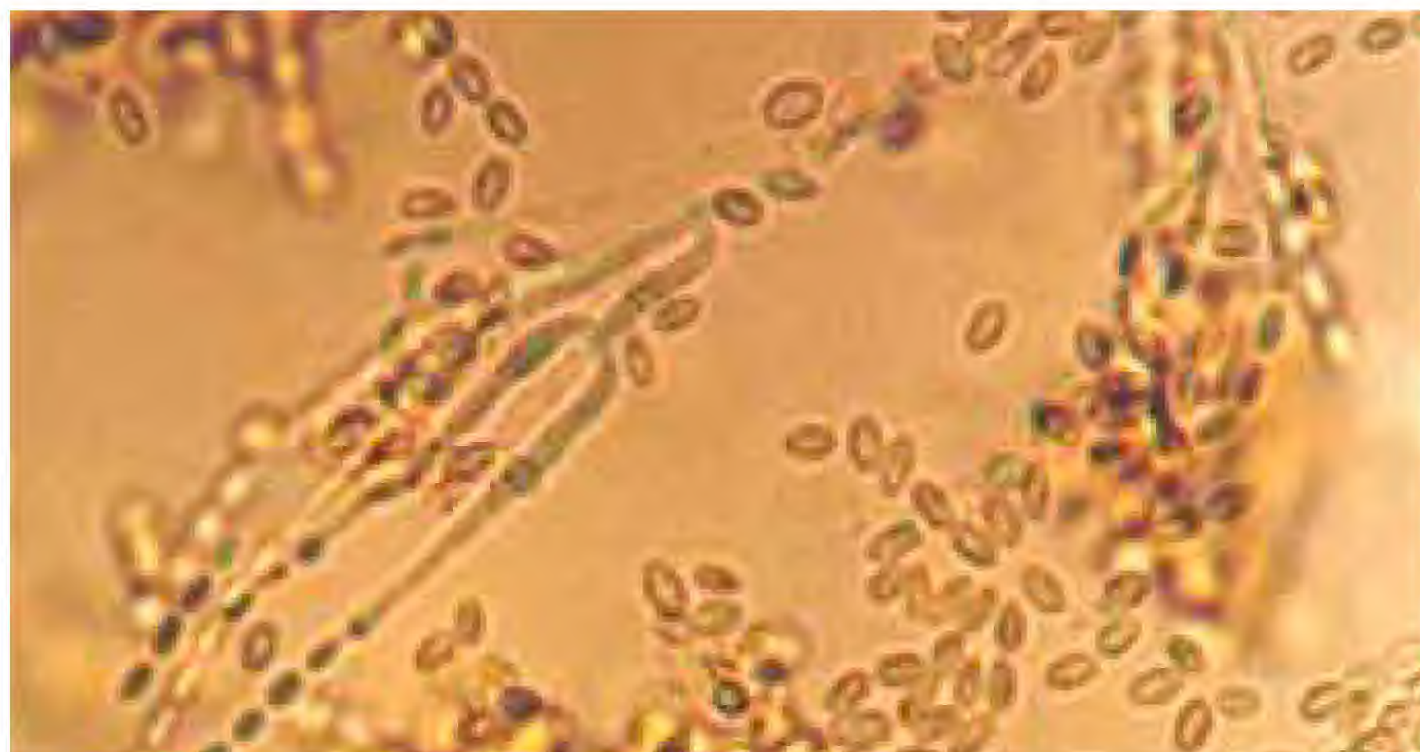
c)

Figura 1. Identificación morfológica de los aislados fúngicos. a) *Acremonium;* b) *Alternaria;* c) *Botrytis;* d) *Cercospora;* e) *Cladosporium;* f) *Epicoccum;* g) *Paecilomyces;* h) *Penicillium;* i) *Phoma;* j) *Torula.*

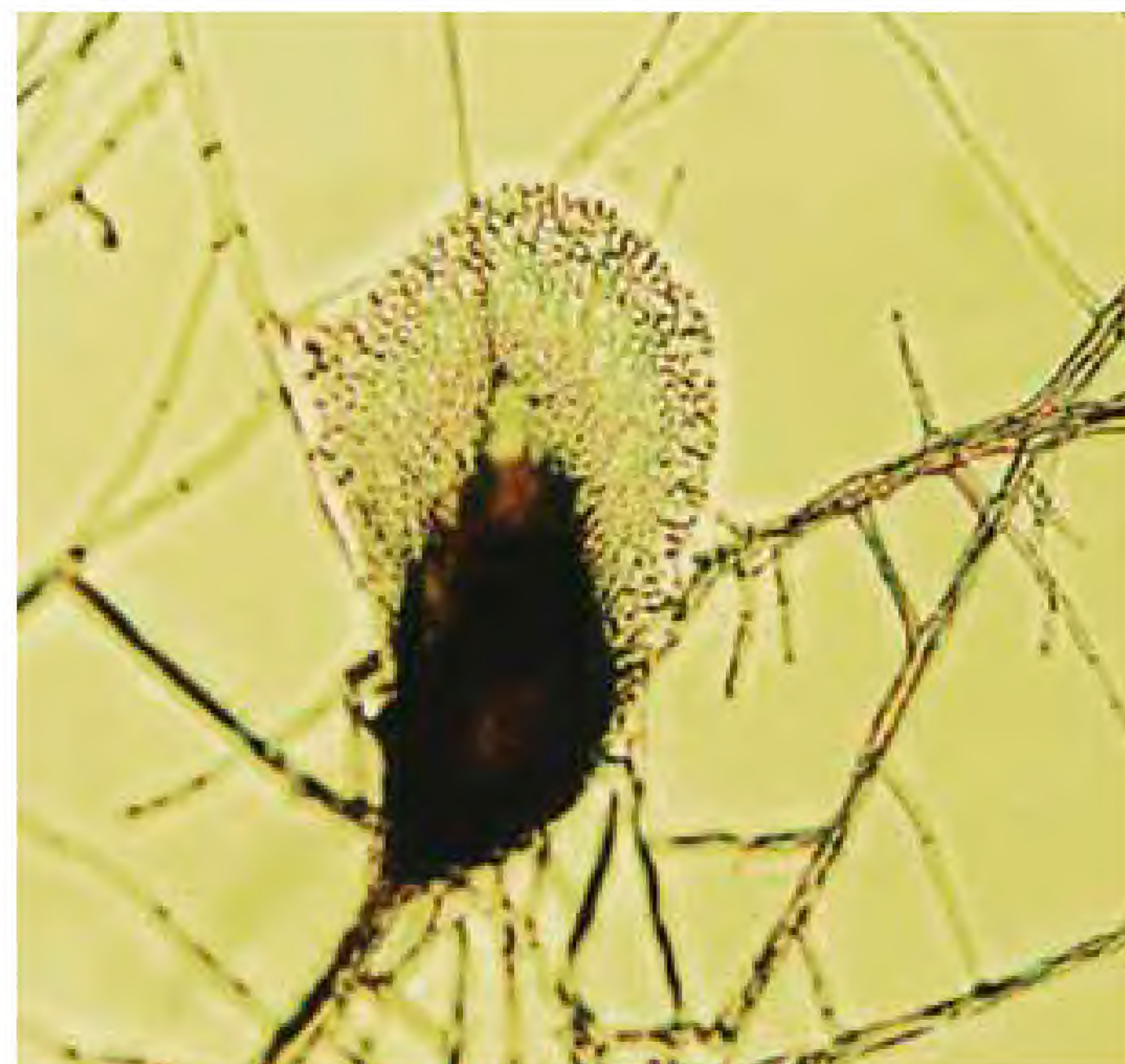

d)


e)


f)


g)


h)


i)


j)

Se realizó una experimento para probar la patogenicidad de los aislados 18 (*Acremonium*) y 20-1 (*Alternaria*), solos o en combinación con insectos. El estudio se llevó a cabo en La Angostura, municipio de Yuriria. Las pruebas se realizaron con tres criterios: solamente los hongos, solamente los insectos *Neochetina eichhorniae* y *N. bruchi* (DeLoach y Cordo, 1983) –insectos específicos para atacar al lirio acuático–, y la combinación de ambos. Los resultados indicaron que los tratamientos probados con el hongo denominado aislado 18 en presencia de los insectos (neoquetinos) y la aplicación de los neoquetinos solos fueron los que causaron mayor daño al lirio, mostrando hasta un 23.3% ± 9.2% de daño foliar.

El estudio de hongo en combinación de los insectos para ser usados como agentes de biocontrol del lirio resultó eficiente. Sin embargo, un agente de biocontrol no se debe emplear hasta probar su especificidad de hospedero, además de tener la certeza de que no será dañino para plantas de interés económico y ecológico. Por lo que se probó la especificidad de los dos aislados de *Cercospora*, propuestos como agentes específicos de biocontrol del lirio (Conway y Freeman, 1977; Martínez y Gutiérrez, 2001) y los hongos 18 (*Acremonium*) y 20-1 (*Alternaria*), en plantas como acelga, albahaca, apio, betabel, brócoli, cebolla, chícharo, chile, espinaca, frijol, jícama, lechuga, maíz, pepino, perejil, rábano, remolacha azucarera, mezquite, tomate y zanahoria. Los resultados mostraron que únicamente el aislado 18 (*Acremonium*) no provocó daño alguno a las plantas probadas. Por lo que se concluye que este aislado es un posible candidato para ser usado como un microorganismo de control biológico para el lirio acuático en la laguna de Yuriria. Resta realizar más estudios que permitan especificar el método más efectivo para su aplicación, ya que existen formulaciones que mejoran su adhesión a la planta y podrían tener un efecto importante sobre el daño.

No hay duda de que estos resultados contribuyen a la conservación de las especies nativas en la laguna de Yuriria y otros cuerpos de agua del estado al controlar una planta considerada como la peor maleza acuática de nuestro país (Martínez y Gutiérrez, 2001).

Este estudio, a su vez, permitió conocer la biodiversidad de los hongos que el lirio acuático es capaz de albergar y fue posible obtener 25 aislados de hongos. Es importante continuar con investigaciones de este tipo para conocer más sobre los microorganismos asociados a la flora que, aunque no se ven a simple vista, también tienen un papel importante en la naturaleza y forman parte de nuestro entorno.

Agradecimientos.

Ma. Teresa Vieyra Hernández y José Guadalupe Montenegro Calderón fueron becarios del CONACYT para realizar parte de este proyecto. El proyecto ha sido desarrollado bajo la dirección del doctor Carlos Alberto Leal Morales, con el apoyo de varias instituciones como el CONCYTEG, SDA, Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Guanajuato e Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato.

Literatura citada

Aguilar, J.A. 1994. *Control de lirio acuático en el distrito de riego 010, Culiacán-Humaya-San Lorenzo, Sinaloa, México*, anexo 2. Jiutepec, Morelos, Instituto Mexicano de Tecnología el Agua (IMTA)/Comisión Nacional del Agua (CNA).

Cofrancesco, A.F. 1998. "Overview and future direction of biological control technology", *Journal of Aquatic Plant Management* **36**: 49-53.

Conway, K.E. y T.E. Freeman. 1977. "Host specificity of *Cercospora rodmanii*, a potential biological control of waterhyacinth", *Plant Disease Report* **61**: 262-266.

DeLoach, C.J. y H.A. Cordo. 1983. "Control of waterhyacinth by *Neochetina bruchi* (Coleoptera: Curculionidae: Bagoini) in Argentina", *Environmental Entomology* **12**: 19-23.

Gopal, B. 1987. *Water hyacinth*. Amsterdam, Elsevier Science Publishers (series Aquatic plant studies 1).

Goyer, R.A. y J.D. Stark. 1981. "Suppressing water hyacinth with an imported weevil", *Ornamental South* **3**: 21-22.

Grodowitz, M.J., R.M. Stewart y A.F. Cofrancesco. 1991. "Population dynamics of waterhyacinth and the biological control agent *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) at a southeast Texas location", *Environmental Entomology* **20**: 652-660.

Harley, K.L.S. 1990. "The role of biological control in the management of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*", *Biocontrol News and Information* 11: 11-22.

Jayanth, K.P. 1988. "Successful biological control of waterhyacinth (*Eichhornia cassipes*) by *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) in Bangalore, India", *Tropical Pest Management* **34**: 263-266.

Martínez, M. y E. Gutiérrez. 2001. "Host range of *Cercospora piaropi* and *Acremonium zonatum*, potential fungal biocontrol agents for waterhyacinth in Mexico", *Phytoparasitica* **29**: 175-177.

Wright, A.D. y T.D. Center. 1984. "Predicting population intensity of adult *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) from incidence of feeding on leaves of Waterhyacintth, *Eichhornia crassipes*", *Environmental Entomology* **13**: 1478-1482.

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DEL GÉNERO *Myrtillocactus* EN EL ESTADO DE GUANAJUATO



Salvador Horacio Guzmán-Maldonado | Emiliano Villordo | Mario González-Chavira
José Luis Pons Hernández | David Hernández-López

El género *Myrtillocactus* es una cactácea endémica de las zonas áridas y semiáridas de América. Este género incluye cuatro especies, de las cuales *M. geometrizans* y *M. schenckii* crecen en México, *M. chochal* es originario de Baja California y *M. eichlamii* de Guatemala (Console, 1897; Britton y Rose, 1920). Se ha reportado que *M. geometrizans* es la especie dominante que crece en el Valle de Teotihuacan, Guanajuato, San Luis Potosí, Hidalgo y Querétaro y que *M. schenckii* crece limitadamente en estos lugares (Rivera-Aguilar *et al*., 2005). A las dos especies que crecen en México se les conocen como garambullo. Su fruto tiene una piel delgada y una pulpa carnosa que contiene las semillas que son fáciles de masticar (Hernández-López *et al*., 2008).

Las dos especies fueron definidas con base en las diferentes características morfológicas del árbol (Britton y Rose, 1920); sin embargo, la experiencia en campo ha demostrado que el fenotipo de los árboles de garambullo se confunde fácilmente; algunos árboles tienen espinas, otros no, algunos cactus son de color verde olivo, otros presentan un color amarillo verdoso y otros un color azul blancuzco. El tamaño del fruto varia de 1.6 cm a 0.9 cm mientras que el color del fruto va del púrpura intenso al rojo. La existencia de esta variación fenotípica dificulta discriminar entre especies, lo cual es importante dado que se cree que la condición silvestre del cultivo y la existencia de las dos especies hacen que la variación en la composición química del fruto sea tan alta que el garambullo no sea adecuado para su industrialización y, por lo tanto, se vea afectada su comercialización. Otro problema del garambullo es la tala indiscriminada que está sufriendo como resultado del crecimiento de las manchas urbanas y la utilización de áreas de cultivo donde crece para otros fines.

El garambullo ha atraído la atención de la Comunidad Europea dentro del marco del estudio de especies subutilizadas con alto potencial comercial. Como resultado, se ha analizado la calidad nutrimental y nutracéutica (implica beneficios en la salud y prevención de enfermedades) del fruto y la producción de alimentos procesados. Estos estudios se realizaron después de discriminar los árboles según su especie. Los resultados sobre el estudio de la diversidad genética del garambullo que crecen en nuestro país se reportan aquí.

Se colectaron 36 muestras de cactus en diferentes sitios del estado de Guanajuato. Cinco muestras fueron especies no relacionadas con el garambullo (ENR) y se utilizaron para verificar si el método matemático separa la especie bajo estudio con estas especies no relacionadas, dando así un panorama de lo robusto del análisis filogenético. 16 árboles de garambullo fueron asignados a la especie *M. geometrizans* y 15 a la especie *M. schenckii*. La asignación de los árboles se basó en la descripción que Briton y Rose dieron en 1920 (cuadro 1). Estos autores clasificaron las dos especies básicamente en función del color del árbol: verde olivo para *M. schenckii* y verde-azuloso para *M. geometrizans* y el tamaño de las espinas largas para *M. schenckii* y cortas para *M. geometrizans*.

Cuadro 1. Árboles de garambullo que fueron colectados y asignados a una de las dos especies de acuerdo con la descripción fenotípica dada por Briton y Rose en 1909 y 1929.

	M. geometrizans	*M. schenckii*	ENR[2]	Total
Guanajuato	16	15	5	36

[2]Especie no relacionada con el género *Myrtillocactus*.

Guzmán Maldonado, S. H., E. Villordo, M. M. González Chavira, *et al*. 2012. "Estudio preliminar de la diversidad genética del género *Myrtillocactus* en el Estado de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 325-327.

Se realizó el análisis de diversidad genética, a partir de la observación de las bandas generadas por la técnica de amplificación por su polimorfismo en los fragmentos de restricción (AFPL, por sus siglas en inglés) fueron transformadas en una matriz de 0 (para la ausencia de banda) y 1 (para la presencia de banda). Los datos fueron analizados con el software de datos multivariables *NTSyspc* (Applied Biostatistics Inc.) para la obtención de los dendrogramas. Los dendrogramas se obtuvieron utilizando un análisis de agrupamiento, empleando el método de agrupamiento UPGMA. Los agrupamientos fueron visualizados con la opción TREE DISPLAY que permite establecer las relaciones entre los genotipos seleccionados a través de diagramas arborescentes o dendrogramas. Como resultado se detectó la presencia de tres grupos diferentes (figura 1). El grupo *A* se formó con las muestras N32 a N36 las cuales no tienen relación con el garambullo. Por lo tanto, el método utilizado es eficiente para discriminar entre especies. El grupo *B* está formado por 28 muestras, mientras que el grupo *C* está formado por sólo tres muestras (figura 1). Con base en las diferencias en la diversidad genética entre los grupos *B* y *C*, se puede concluir que ambos grupos son dos especies diferentes con un ancestro común. Por otro lado, en vista que *M. schenckii* es la especie minoritaria y siendo que aproximadamente 10% (3/31) de las colectas formaron este grupo, es altamente probable que estas plantas pertenezcan a *M. schenkii*. En consecuencia el grupo *B* donde 28 de las 31 muestras se agruparon, pertenecen a la especie *M. geometrizans* (cuadro 2).

A su vez, el grupo *B* está formado por cuatro subgrupos perfectamente definidos (figura 1, a-d). Los subgrupos *a, b* y *c* están formados por ocho muestras cada uno mientras que el subgrupo *d* está integrado sólo por cuatro muestras. Con base en los resultados que se tienen, no es posible explicar la existencia de estos subgrupos dentro del grupo *B*. Los resultados de los análisis químicos del fruto contribuyen con mayor información en este incipiente mapa de la diversidad genética y química del género *Myrtillocactus*.

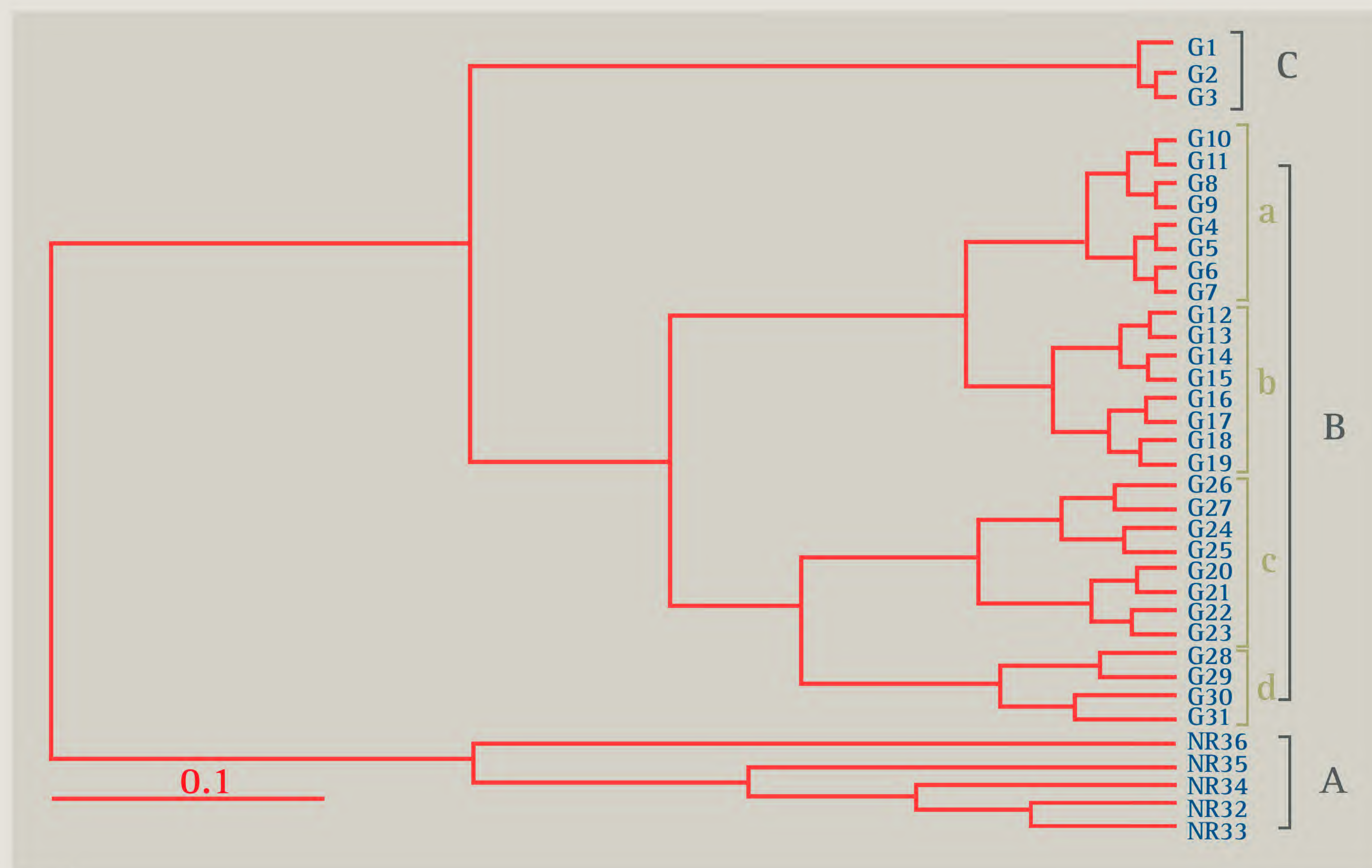


Figura 1. Diversidad genética del garambullo que crece en Guanajuato.

Cuadro 2. Muestras de *Myrtillocactus* asignadas a *M. geometrizans* o *M. schenckii* según factores morfológicos y con herramientas biotecnológicas.

Muestra	Especie asignada con base en literatura[1]	Especie asignada con herramientas biotecnológicas[2]
1	*M. geometrizans*	*M. schenckii*
2	*M. geometrizans*	*M. schenckii*
3	*M. geometrizans*	*M. schenckii*
4	*M. geometrizans*	*M. geometrizans*
5	*M. geometrizans*	*M. geometrizans*
6	*M. geometrizans*	*M. geometrizans*
7	*M. geometrizans*	*M. geometrizans*
8	*M. geometrizans*	*M. geometrizans*
9	*M. geometrizans*	*M. geometrizans*
10	*M. geometrizans*	*M. geometrizans*
11	*M. geometrizans*	*M. geometrizans*
12	*M. geometrizans*	*M. geometrizans*
13	*M. geometrizans*	*M. geometrizans*
14	*M. geometrizans*	*M. geometrizans*
15	*M. geometrizans*	*M. geometrizans*
16	*M. geometrizans*	*M. geometrizans*
17	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
18	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
19	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
20	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
21	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
22	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
23	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
24	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
25	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
26	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
27	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
28	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
29	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
30	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
31	*M. schenckii*	*M. geometrizans*
32	ENR[3]	ENR
33	ENR	ENR
34	ENR	ENR
35	ENR	ENR
36	ENR	ENR

[1] Britton y Rose, 1920.

[2] Con base en la figura 1.

[3] ENR: Especies no relacionadas con garambullo.

Nuestra experiencia en el campo sugiere que esta especie está en peligro de extinción por el avance de las manchas urbanas, entre otras causas. La pérdida de un fruto con tal riqueza genética y con gran potencial desde el punto de vista alimentario, nutracéutico y económico sería lamentable. En resumen, este estudio permite puntualizar al menos tres aspectos importantes del género *Myrtillocactus*: 1. La especie minoritaria presente en el Bajío es *M. schenckii* (tres de cada 30 árboles); 2. se evidencia la fragilidad de esta especie por lo que se sugiere la necesidad de realizar actividades de conservación y rescate, y 3. al existir dos especies del género y tener las herramientas para su identificación, es necesario realizar estudios para evaluar si existen diferencias entre las dos especies en su calidad nutricional o nutracéutica (es necesario conocer el efecto de cada una de ellas sobre síntomas de enfermedades crónico degenerativas). También es necesario definir si los procesos industriales afectan en forma diferencial a cada especie. Este tipo de estudios podría dar valor agregado al género y promover su consumo y en consecuencia su comercialización. Profundizar en el estudio de este tipo de especies debería ser una tarea obligada del gobierno para no correr el riesgo de perder parte de nuestra riqueza natural y de esta forma obtener los beneficios del consumo en una sociedad que reclama continuamente mejorar su calidad de vida.

Literatura citada

Console, M., 1897. "*Myrtillocactus*, Nuevo genere di Caccataceae", *Boll. R. Orto Bot. Giard.* 1, Colon. Palermo.

Britton, N.L. y J.L. Rose. 1920. "*Myrtillocactus eichlamii* sp.", *The Cactaceae* **2**: 180-181.

Hernández-López, D., F. Vaillant, R. Reinoso-Camacho *et al.* 2008. "*Myrtillocactus* (cactaceae): botanical, agronomic, physicochemical and chemical characteristics of fruits", *Fruits* **63**: 201-208.

Rivera-Aguilar, V., H. Godinez-Alvarez, I. Manuell-Cacheux *et al.* 2005. "Physical effects of biological soils crusts on seed germination of two desert plants under laboratory conditions". *Journal of Arid Environment* **63**: 344-352.

ESTUDIO DE CASO

PLANTA DEL ZOAPATLE *(Montanoa tomentosa)*



Alejandra Mandujano Chávez | Edmundo Lozoya Gloria

El género *Montanoa* spp. constituye uno de los pocos miembros de la familia de las Asteráceas mexicanas que ha llamado mucho la atención de científicos alrededor del globo (Landgren *et al.*, 1979; Braca *et al.*, 2001; Robles-Zepeda, 2003). Existen diversas especies, todas ellas de tipo arbustivo, pero con algunas diferencias morfológicas marcadas. La importancia de este grupo se remonta a tiempos precolombinos, cuando las civilizaciones aztecas utilizaban sus extractos acuosos como remedio para curar algunas enfermedades comunes de aquellos tiempos (Lozoya, 1976). Grabados del Códice Cruz-Badiano describían las infusiones de plantas de este género, especialmente los del zoapatle (*M. tomentosa*) (Lozoya, 1982), eran utilizadas como remedios para acelerar el nacimiento en trabajos de parto difíciles (figura 1). Su uso medicinal en nuestros días por las comunidades con legados indígenas ha sido el motivo principal por el que se le ha brindado una atención privilegiada en comparación con el resto de las Asteráceas mexicanas.

Actualmente *M. tomentosa* es comúnmente conocida como zoapatle, que es la pronunciación hispana que proviene del Náhuatl *cihuapahtli* (cihua = mujer, pahtli = medicina) y que significa planta medicinal de la mujer. Su nombre científico fue asignado en honor al médico mexicano Luis Montaña, quien fue uno de los pioneros en su estudio (Gallegos, 1983).

Hoy en día, esta especie es considerada como una de las más importantes desde el punto de vista medicinal en México, y como fuente potencial en el área farmacológica (Campos-Bedolla *et al.*, 1997). Su complexión es de forma arbustiva y ramificada que puede llegar a alcanzar los tres metros de altura. Se le denomina "tomentosa" por la gran cantidad de vellos presentes en el tallo y las hojas. Estas últimas son de filo dentado u ovalado, terminando en punta. Las flores forman racimos de color blanco. Sus semillas son pequeñas y de tres a cuatro por flor, y sus raíces son de tipo fibroso (Funk, 1982).



Figura 1. Representación del *Cihuapahtli* y descripción de sus usos en el Códice Cruz-Badiano. *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis*, manuscrito azteca escrito en 1552 por Martín de la Cruz, según la traducción latina de Juan Badiano.

Desde finales de los años 1970 hasta principios de la década de los 1990, la planta fue motivo de intensos tratados científicos, debido principalmente a la búsqueda de anticonceptivos naturales con menos efectos secundarios que los tradicionales esteroides (Hahn *et al.*, 1981). Por tal interés se identificaron más de 40 compuestos, de ellos se aislaron al menos 20 productos naturales no reportados en otras especies de plantas hasta ese entonces y además fueron patentados para su uso anticonceptivo (Caballero y Walls, 1970). Dentro de los compuestos más destacados se encuentran algunos diterpenos de los cuales se especulaba tenían una actividad anticonceptiva (Marcelle *et al.*, 1985; Shing *et al.*, 1996). La solicitud y registro de patentes relacionadas con las sustancias activas y procesos para obtenerlas entre octubre de 1976 y diciembre de 1980 por empresas transnacionales era en promedio de dos por año. Estudios posteriores revelaron que la zoapatlina y sus derivados aislados de las partes aéreas de *M. tomentosa* eran potenciales agentes en el tratamiento de la leucemia (Del Piaz *et al.*, 2007).

Mandujano Chávez, A. y E. Lozoya Gloria. 2012. "Planta del zoapatle (*Montanoa tomentosa*)" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp 328-333.

De esta planta se han reportado también compuestos con propiedades protectoras de los nervios (Oshima *et al.*, 1986) y anticancerígenos (Quijano *et al.*, 1982; Oshima *et al.*, 1986; Topcu *et al.*, 1988; Müller *et al.*, 2004). Sin embargo, los más conocidos son los ácidos kaurenóico, grandiflorénico y monoginóico (Enríquez *et al.*, 1997). Estos tres compuestos son los responsables de las contracciones uterinas en hembras, inicialmente descritas por la administración oral de infusiones acuosas del zoapatle (Campos-Bedolla *et al.*, 1997). De los tres anteriores, el grandiflorénico es el compuesto que se asume tiene la mayor actividad farmacológica reportada, seguido de los dos restantes (Campos-Bedolla *et al.*, 1997).

Usos

Al zoapatle se le ha utilizado también para resolver diversos desórdenes fisiológicos propios de la mujer, como son la regulación de los ciclos menstruales, como agente analgésico contra cólicos menstruales, en el control de la natalidad y como estimulador del trabajo de parto (Ponce-Monter *et al.*, 1983). Se ha comprobado que este extracto no es estrogénico ni provoca alteraciones cardiovasculares, hematológicas y tampoco afecta las funciones de hígado, riñón y tiroides, a diferencia de otros medicamentos con fines similares (Landgren *et al.*, 1979). En cuanto al cultivo in vitro de esta especie se han establecido ya cultivos de callo y células en suspensión, así como plantas in vitro (Villarreal *et al.*, 2001). A partir del año 2000, y debido a sus propiedades abortivas, no se permite el uso de tés, infusiones y aceites vegetales de esta planta en mujeres embarazadas de acuerdo al *Diario Oficial de la Federación* publicado el 15 de diciembre de 1999 por la Secretaría de Salud.

Características y distribución

Esta planta nativa de México se distribuye principalmente en el bosque tropical caducifolio, bosque de coníferas, bosque de *Quercus*, matorral xerófilo y vegetación secundaria en los estados de Tamaulipas, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Estado de México, Veracruz y Oaxaca.

Otros sinónimos y nombres comunes con los que se conoce al zoapatle son: *Eriocoma floribunda, Montanoa floribunda*, soapatle, aclinán, pirimo blanco, nocuana-titete-xini-ni, too, cuana-xana y ciguapactli.

Las observaciones registradas que se tienen de esta planta en Guanajuato se muestran en el cuadro 1 y su distribución en el estado se muestra en la figura 2.

Además de los registros oficiales, se han registrado también algunas observaciones ocasionales de plantas de zoapatle en el estado de Guanajuato. Algunos ejemplos son la Ficha Informativa de los Humedales Ramsar (FIR) de la laguna de Yuriria, en Guanajuato (2004), en donde se menciona una *Montanoa myriocephala* en la flora terrestre de la laguna. En la revisión y actualización del inventario de la flora espontánea del jardín botánico El charco del ingenio de San Miguel de Allende (2007) se mencionan las *M. arborescens y M. tomentosa*. En un estudio de impacto ambiental, modalidad: ecoturismo, del complejo ecoturístico Hoya de Álvarez en el municipio de Valle de Santiago, ubicada en la región ecogeográfica de la zona templada dentro de las provincias del Bajío Guanajuatense y de las Sierras Volcánicas del Sureste Guanajuatense, en 2008, se reportó *M. myriocephala*.

Conclusiones

Por sus propiedades de contraer el útero fue en su momento la planta más estudiada de México a nivel medicinal y farmacológico. Debido a que en 1999 se le incluyó en la lista de plantas prohibidas para su uso por sus propiedades abortivas, se ha dejado de utilizar con la misma frecuencia. Sin embargo, en Guanajuato, y probablemente en otras regiones del país en donde se encuentra esta planta, sigue siendo utilizada de manera clandestina, razón por la cual es difícil obtener información confiable sobre su distribución o cultivo específico. Se asume que es colectada de manera silvestre por los yerberos para su venta. Sigue siendo una de las plantas más atractivas como modelo de estudio y potencial aplicación. Debido a su casi exclusiva presencia en México, es conveniente investigar más sobre ella a nivel básico y aplicado y considerar las posibilidades de utili-

Cuadro 1. Localización de especímenes de zoapatle en el estado de Guanajuato.

Año de colecta	Año de identificación	Colector	Municipio	Localidad
1974	2005	Flores Macías, David J.	Tarimoro	Puerto Jondo, 26 km al ESE de Tarimoro, entre los cerros La Bufa y La Pucha
1978	2007	Kishler, Jean	San Miguel de Allende	Escalón arriba del Cañón Landeta
1979	2009	García Pérez, José	San Felipe	Sierra El Cubo, 5 km al E de El Cubo
1979	2005	Kishler, Jean	San Miguel de Allende	Entre El Atascadero y la Presa del Obraje
1984	2007	Kishler, Jean	San Miguel de Allende	San Miguel Allende
1985	2009	Rubio, Alejandra	Jerécuaro	La Cieneguilla
1986	2007	Rzedowski Rotter, Jerzy	San Luis de la Paz	3 km al O de Pozos
1986	2007	Rzedowski Rotter, Jerzy	Xichú	4 km al O de Xichú, sobre la carretera a San Luis de la Paz
1986	2007	Zamudio Ruiz, Sergio	Acámbaro	3 km al S de Acámbaro
1986	2009	Rzedowski Rotter, Jerzy	Santiago Maravatío	Cerro Prieto, cerca de La Leona
1986	2009	Galván Villanueva, Raquel	San Felipe	3 km al S de Herrerías
1986	2009	Zamudio Ruiz, Sergio	Salvatierra	14 km al NO de Yuriria, carretera a Salamanca
1986	2009	Rzedowski Rotter, Jerzy	Tarimoro	5 km al NE de Tarimoro, camino a Huapango
1986	2009	Rzedowski Rotter, Jerzy	Cortazar	Parte alta del cerro Culiacán
1987	2009	Galván Villanueva, Raquel	León	El Puerto, 13 km al N de León
1987	2009	Mora Benítez, Arturo	San Miguel de Allende	Microondas Calderón, cerro de Alcocer
1988	2007	Ventura Ventura, Emma	San Luis de la Paz	Cerro de la Cruz, 9 km al N de San Luis de la Paz
1988	2007	Rzedowski Rotter, Jerzy	Jerécuaro	2 km al SE de Chilarillo
1988	2009	Ventura Ventura, Emma	San Luis de la Paz	Hacienda El Kijay, 10 km al E de San Luis de la Paz
1988	2009	Galván Villanueva, Raquel	León	10 km al N de León
1989	2007	Argüelles, Elizabeth	San Miguel de Allende	Cañón de las Colonias
1989	2007	Ventura Ventura, Emma	Victoria	Los Linderos, 9 km al E de Victoria
1990	2007	Ventura Ventura, Emma	San Luis de la Paz	Cerro San Ignacio
1990	2005	Ventura Ventura, Emma	Victoria	Puerto de Trancas
1990	2005	Ventura Ventura, Emma	San Luis de la Paz	El Chupadero
1992	2008	Carranza González, Eleazar	Tierra Blanca	Al NE de Tierra Blanca
1992	2009	Galván Villanueva, Raquel	Guanajuato	1.5 km al N de El Cubilete
1996	2009	Rojas Villegas, Silverio	Cortazar	O del poblado de Arreguín

Listado actualizado del estado de Guanajuato. Reino: Plantae, Phylum: Magnoliophyta, Clase: Magnoliopsida, Familia: Asteraceae, Género: Montanoa, Orden: Asterales, Identificadas por José Luis Villaseñor Ríos. ND, No determinada. Código de la colección MEXU. Código de la Institución IBUNAM.
Fuente: ASTERACEAE Portal Unibio, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (http://www.unibio.unam.mx).

Notas	Longitud	Latitud	Elevación mínima	Nombre científico
ND	-100.70333	20.088333		*Montanoa grandiflora*
Matorral xerófilo	-100.69778	20.90889		*Montanoa tomentosa sp. tomentosa*
Bosque de *Pinus-Quercus*	-101.10833	21.464167	2 370	*Montanoa leucantha sp. leucantha*
ND	-100.69611	20.900833	1 890	*Montanoa tomentosa sp. tomentosa*
ND	-100.8	21.063612	1 950	*Montanoa tomentosa sp. tomentosa*
Bosque de *Quercus*	-100.605835	20.223888		*Montanoa leucantha sp. leucantha*
Pastizal	-100.49555	21.224167	2 350	*Montanoa tomentosa sp. tomentosa*
Chaparral	-100.07445	21.28389	1 550	*Montanoa tomentosa sp. tomentosa*
Matorral subtropical	-100.708336	20.019722		*Montanoa grandiflora*
Bosque tropical caducifolio	-100.96	20.11389	1 950	*Montanoa leucantha sp. leucantha*
Matorral xerófilo	-101.27889	21.53389	2 130	*Montanoa leucantha sp. leucantha*
Vegetación secundaria	-101.209724	20.255278	1 980	*Montanoa leucantha sp. leucantha*
Bosque tropical caducifolio	-100.73944	20.308332	2 000	*Montanoa leucantha sp. leucantha*
Bosque de *Quercus*	-100.97305	20.331944	2 500	*Montanoa leucantha sp. leucantha*
Bosque tropical caducifolio	-101.6725	21.197779	2 430	*Montanoa leucantha sp. leucantha*
Pastizal	-100.78361	20.825556	2 150	*Montanoa leucantha sp. leucantha*
ND	-100.57389	21.26111	2 100	*Montanoa tomentosa sp. tomentosa*
Bosque de *Quercus*	-100.40722	20.088333	2 200	*Montanoa grandiflora*
ND	-100.523056	21.277779	2 600	*Montanoa tomentosa sp. tomentosa*
Bosque tropical caducifolio	-101.67639	21.194445	2 400	*Montanoa leucantha sp. leucantha*
ND	-100.69778	20.90889	1 900	*Montanoa tomentosa sp. tomentosa*
ND	-100.23389	21.22	1 600	*Montanoa tomentosa sp. tomentosa*
ND	-100.53333	21.280556	1 950	*Montanoa tomentosa sp. tomentosa*
ND	-100.797226	20.82361	2 000	*Montanoa tomentosa sp. tomentosa*
ND	-100.47806	21.491112	2 000	*Montanoa tomentosa sp. tomentosa*
Vegetación riparia	-100.14389	21.135	1 620	*Montanoa tomentosa sp. tomentosa*
Bosque de *Quercus*	-101.35667	21.023056	2 400	*Montanoa leucantha sp. leucantha*
Bosque tropical caducifolio	-100.84055	20.412777	2 000	*Montanoa leucantha sp. leucantha*

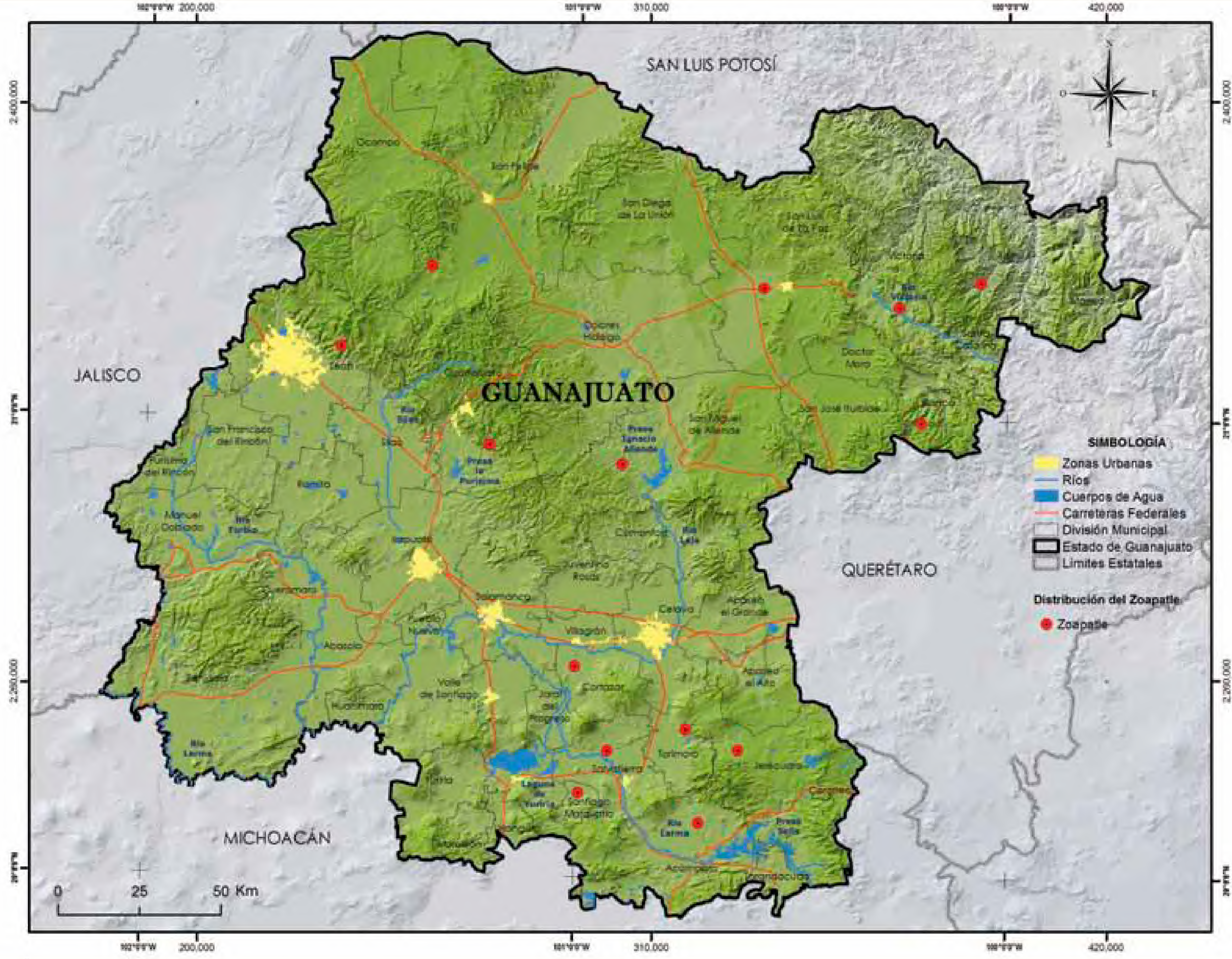


Figura 2. Distribución del zoapatle en el estado de Guanajuato.

zar su cultivo de manera controlada con fines comerciales, aunque bajo vigilancia sanitaria. Por su facilidad de crecimiento en los diversos tipos de suelo del estado, Guanajuato podría ser un buen productor de esta planta.

Literatura citada

Braca, A., G. Cioffi, I. Morelli *et al*. 2001. "Two new sesquiterpene lactones from *Montanoa tomentosa* spp. Microcephala", *Planta Medica* **67**: 774-776.

Caballero, Y. y F. Walls. 1970. "Productos naturales del zoapatle (*Montanoa tomentosa* Cerv.)", *Boletín del Instituto de Química*, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) **22**: 79-102.

Campos-Bedolla, P., G.M. Campos, A. Valencia-Sánchez *et al*. 1997. "Effect of kauranes from Montanoa spp. on rat uterus", *Phytotherapy Research* **11**: 11-16.

Del Piaz, F., P. Nigro, A. Braca *et al*. 2007. "13-hydroxy-15-oxozoapatlin, and ent-kaurane diterpene, induces apoptosis in human leukemia cells, affecting thiol-mediated redox reduction", *Free Radic. Biol. Med*. **15**: 1409-1422.

Enríquez, R.G., J. Barajas, B. Ortiz *et al*. 1997. "Comparison of crystal and solution structures and 1H and 13C chemical shifts for grandiflorenic acid, kaurenoic acid and monoginoic acid", *Canadian Journal of Chemistry* **75**: 342-347.

Funk, V.A. 1982. "The systematics of *Montanoa* (Asteraceae, Heliantaeae)", en *Memories of the New York Botanical Garden* **36**: 1-133.

Gallegos, A. 1983. "The zoapatle I. A traditional remedy from Mexico emerges to modern times", *Contraception* **27**: 211-225.

Hahn, D.W., E.W. Ericson, M.T. Lai *et al*. 1981. "Antifertility activity of *Montanoa tomentosa* (Zoapatle)", *Contraception* **23**: 133-140.

Landgren, B.M, A.R. Aedo, K. Hagenfeldt *et al*. 1979. "Clinical effects of orally administered extracts of *Montanoa tomentosa* in early human pregnancy", *American Journal of Obstetrics and Gynecology* **135**: 480-484.

Lozoya, X. 1976. *Estado actual del conocimiento en plantas medicinales mexicanas*, México, Instituto Mexicano para el Estudio de las Plantas Medicinales (Imeplam).

Lozoya, X. 1982. *Flora medicinal de México. Primera parte: plantas indígenas*. México, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

Marcelle, G.B., N. Bunyapraphatsara, G.A. Cordell *et al*. 1985. "Studies on zoapatle I. The extraction of zoapatle (*Montanoa tomentosa*) and the identification of 21-normontanol as the initial decomposition product of zoapatanol", *Journal of Natural Products* **48**: 739-745.

Müller, S., R. Murillo, V. Castro et al. 2004. "Sesquiterpene lactones from *Montanoa hibscifolia* that inhibit the transcription factor NF- B", *Journal of Natural Products* **67**: 622-630.

Oshima, Y., S.M. Wong, C. Konno *et al*. 1986. "Studies on zoapatle II. Leucanthanolide, a novel sesquiterpene lactone from *Montanoa leucantha*. ssp *leucantha"*, *Journal of Natural Products* **49**: 313-319.

Ponce-Monter, H., H. Girón, X. Lozoya *et al*. 1983. "The zoapatle II. Biological and uterotonic properties of aqueous plant extract", *Contraception* **27**: 239-253.

Quijano, L., J.S. Calderón, F. Gómez *et al*. 1982. "Zoapatanolide A and B, two new heliangolides from *M. tomentosa*", *Phytochemistry* **21**: 2041-2044.

Robles-Zepeda, R.E. 2003. *Acumulación y biosíntesis de terpenos en la planta medicinal Montanoa tomentosa (Zoapatle)*, tesis de doctorado. Guanajuato. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav-IPN).

Shing, T.K.M., C.H. Wong, T. Yip. 1996. "Synthetic studies on zoapatanol: Construction of oexepanes via intramolecular 1-3-dipolar cycloaddition strategy", *Tetrahedron Asym*. **7**: 1323-1340.

Topcu, G., G.A. Cordell, N.R. Farnsworth et al. 1988. "Studies on zoapatle VIII. Novel cytotoxic sesquiterpene lactones from *M. tomentosa* ssp. *Microcephala*", J. Pharm. Sci. **77**: 553-556.

Villarreal, M.L., G. Rojas, R. Quintero *et al*. 2001. "*In vitro culture of Montanoa tomentosa* for the production of diterpenic acids", *Biotechnology Letters* **23**: 1279-1284.

ESTUDIO DE CASO

RECURSOS GENÉTICOS DE LOS PARIENTES SILVESTRES DE LAS PLANTAS CULTIVADAS EN GUANAJUATO



Salvador Montes Hernández | María Guadalupe Camarena Hernández | Elena Heredia García

Los recursos genéticos son organismos vivos de uso actual o potencial para la humanidad, a diferencia de los recursos biológicos que involucran a toda la fauna y flora de un área en general. En el caso de las plantas, los recursos genéticos incluyen a especies cultivadas, variedades comerciales, locales tradicionales, líneas de mejoramiento y otras combinaciones genéticas (genes, secuencias génicas, mutantes genéticos, cromosómicos y genómicos), y a especies silvestres de usos directo, indirecto y potencial, que en conjunto pueden contribuir a la solución de problemas de la producción agrícola, pecuaria y forestal. Tal diversidad puede visualizarse a distintas escalas de organización biológica, desde el ecosistema, pasando por las comunidades, las poblaciones, llegando inclusive a las especies, y a los grupos taxonómicos infraespecíficos tales como subespecies, variedades y formas, las poblaciones o conjuntos de organismos que coexisten e intercambian información genética en localidades particulares, y los individuos que componen tales poblaciones.

El estado de Guanajuato se caracteriza por presentar mucha tradición agrícola, la cual se presenta tanto en cultivos nativos como en introducidos, considerado en algún tiempo el granero de México. Entre los cultivos básicos que más destacan son maíz, trigo, sorgo, entre otros, además, de una serie de cultivos hortícolas como ajo, brócoli, cebolla, chile, espárrago, fresa, jitomate, tomate de cáscara, zanahoria, etcétera.

Casas y Parra (2007) reconocen cuatro niveles de prioridad en el manejo, aprovechamiento y conservación de los recursos genéticos vegetales, de acuerdo con su utilidad actual o potencial a corto plazo, y también que al contextualizar con la flora del estado se pueden registrar especies en los distintos niveles ya que la mayoría de ellas requieren de diversos tratamientos de conservación.

• *Primer nivel de prioridad*, incluye los recursos genéticos de especies que sostienen principalmente la producción primaria en el mundo (agricultura, ganadería, pesca). En el caso de las plantas, a través del tiempo, las diversas culturas humanas han usado como alimento alrededor de 5 000 especies (Wilkes, 1995), lo que significa una fracción menor a 1% de la flora mundial; 150 plantas componen el comercio mundial (excluyendo especias, medicinales e industriales) y, además de este reducido número, sólo 50 plantas son las más productivas al proveer los requerimientos básicos de energía del ser humano, como trigo, maíz, arroz, soya, algodón y pinos, usadas principalmente en la producción de alimentos, forrajes, fibras, aceites y madera (Prescott-Allen y Prescott-Allen, 1990). Esto significa que la selección artificial ha sido muy exitosa para generar alimentos a partir de muy pocas especies de plantas.

Estas especies comprenden numerosas variantes generadas como resultado de la selección artificial en distintos ambientes naturales y culturas, y son componentes básicos de la diversidad biológica de los sistemas agrícolas o agrobiodiversidad. Junto a tales especies son igualmente importantes sus parientes silvestres, incluyendo taxa que pertenecen a la misma especie que la planta domesticada, así como otras especies del mismo género con las que intercambian o pueden intercambiar genes de manera natural. A manera de ejemplo se cuenta con diversas especies silvestres que son utilizadas en forma constante, en diversas regiones del estado, jitomate (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*), papita güera (*Solanum cardiophyllum*), papa (*Solanum* spp.), frijol (*Phaseolus vulgaris* var. *aborigineus*, *Phaseolus* spp.), maíz (*Zea mays* subsp. *parviglumis* y *Zea mays* subsp. *mexicana*), tomate de cáscara (*Physalis philadelphica*, *Physalis minima*, *Physalis* spp.), amaranto (*Amaranthus caudatus*, *Amaranthus cruentus*,

Montes Hernández, S., M. G. Camarena Hernández y E. Heredia García. 2012. “Recursos genéticos de los parientes silvestres de las plantas cultivadas en Guanajuato” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 334-337.

Amaranthus spp.), chile (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*), calabaza (*Cucurbita radicans, Cucurbita pedatifolia*), guayaba (*Psidium* spp.), jícama (*Pachyrhizus* spp.), entre otras. Hay muchos otros ejemplos de cultivos subutilizados, como el cultivo de traspatio, entre otros, de chayote (*Sechium edule*), aguacate (*Persea americana* var. *americana*), etcétera.

• *Segundo nivel de prioridad*, en el que se encuentran cientos de especies cultivadas y domesticadas que satisfacen requerimientos humanos regionales, algunas con signos claros de inicio de domesticación. El grueso de estas especies, sus variantes y parientes silvestres forman parte de este segundo nivel de prioridad, algunos ejemplos son el garambullo, nopales, tunas, pitayos, etcétera.

• *Tercer nivel de prioridad*, se refiere a aquellas especies que han recibido alguna forma de manejo por parte de los seres humanos a lo largo de su historia cultural y que presentan signos incipientes de domesticación. Por ejemplo se tienen en el estado de Guanajuato el chilcuague, arbustivas nativas, papas silvestres, etcétera.

• En un *cuarto nivel de prioridad* se encuentran las especies silvestres útiles cuyos productos son obtenidos a través de la recolección en poblaciones silvestres, arvenses o ruderales. Como ejemplo se registran orégano, poleo, verdolaga, etcétera.

La erosión genética de los recursos vegetales y su conservación

El aumento de la población humana ha traído mayor demanda de alimentos y recursos naturales, lo que ha propiciado, en parte, erosión genética de nuestros recursos vegetales causada por diferentes factores como el desarrollo industrial y la consecuente migración de la mano agrícola hacia la industria que, aunada a la separación cada vez más fuerte entre los centros de producción y de consumo, tiende a eliminar las unidades de producción agrícola autosuficiente y dan una nueva dimensión al transporte y a la comercialización de los productos del campo. Estos procesos, asociados a la mecanización de las prácticas agrícolas, se favorecen con la homogenización y la normalización de las variedades cultivadas. Además, la deforestación, aumento de tierras para el cultivo, incremento de la ganadería, agricultura intensiva, pérdida de hábitat, así como la degradación, fragmentación e introducción de nuevos cultivos en una región, trae como consecuencia el relego y consecuente pérdida de las variantes nativas y sus parientes silvestres (CATIE, 1979; Esquinas, 1982).

La conservación de un recurso se refiere a la actividad, políticas y manipulación que aseguren su continua disponibilidad y existencia, de tal manera que rindan el mayor beneficio sostenido para las generaciones actuales, conservando al mismo tiempo su potencialidad para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. Por lo tanto, existe una relación positiva entre el uso y la conservación de un recurso. Por todo lo anterior, la conservación de los recursos genéticos vegetales es un área muy importante dentro del estudio de la biodiversidad (CATIE, 1979; Esquinas, 1982; FAO, 1989).

Importancia de la conservación de los parientes silvestres y variedades tradicionales

Las variedades tradicionales y sus parientes silvestres son a menudo capaces de soportar condiciones que dañarían marcadamente muchas variedades modernas, lo cual le confiere una mayor estabilidad productiva. Su valor potencial para la humanidad, ahora y en el futuro, radica fundamentalmente en los genes que contienen, que no son sólo fuente de caracteres tales como resistencia a enfermedades, calidad nutritiva y adaptabilidad a condiciones ambientales adversas, sino también de caracteres que aunque no son reconocidos actualmente, pueden un día ser considerados invaluables, por lo que es importante conservarlos y estudiarlos (Esquinas, 1982).

Los parientes silvestres se consideran los ancestros más cercanos de las formas domesticadas, con niveles altos de diversidad genética acumulada a lo largo de cientos de miles de años de evolución natural, a diferencia de las especies domesticadas, cuya diversidad genética es resultado de la adopción de fragmentos de la misma diversidad por parte de los humanos y su desarrollo en el contexto más reducido de tiem-

po de domesticación. Además, es frecuente el flujo de genes entre poblaciones de parientes silvestres y plantas domesticadas en las áreas donde coexisten, y tal flujo generalmente enriquece la variedad de plantas cultivadas. La continua incorporación de diversidad genética "natural" a las poblaciones de plantas domesticadas constituye una fuente primaria de la agrobiodiversidad que los campesinos tradicionales han venido manejando a lo largo de siglos de domesticación. Es por eso que se considera a los parientes silvestres como un instrumento en la productividad y estabilidad de los agro-ecosistemas tradicionales a través de un intercambio genético entre variedades locales y sus parientes silvestres, lo que puede ampliar el valor para la expansión de sus utilidades dentro de los acervos genéticos de cultivos.

Los genes de parientes silvestres de especies cultivadas pueden dotar de sostenibilidad a la agricultura al proteger los servicios ambientales vitales, como son la polinización, el ciclo de nutrientes y la regulación de caudales. La conservación y el uso responsable de parientes silvestres de especies cultivadas es por lo tanto esencial para incrementar la seguridad alimentaria, reducir la pobreza y para mantener la sostenibilidad de los ecosistemas agrícolas.

La manera más práctica y hasta ahora más viable de llevar a cabo la conservación de los recursos genéticos vegetales es de forma *ex situ*, esto es fuera de sus hábitats naturales, lo cual se justifica por lo práctico que resulta, por ejemplo, concentrar un grupo grande de semillas en un cuarto frío (FAO, 1989). Sin embargo, otra alternativa de conservación es *in situ* que, como su nombre lo indica, se lleva a cabo en el mismo lugar en donde se han originado, evolucionado y se encuentran actualmente las plantas de interés, lo cual representa gran valor para la conservación de la diversidad genética, ya que es constante el flujo de genes entre parientes silvestres y domesticados (FAO, 1989).

Conservación *in situ* y manejo campesino

Para los parientes silvestres de las plantas cultivadas la conservación *in situ*, en algunos casos, puede ser la mejor opción ya que viven en condiciones naturales, además de que pueden continuar sus procesos evolutivos en el lugar en donde aparecen y de alguna manera conviven con las poblaciones humanas. Se mencionan dos opciones para su conservación *in situ*: *a)* establecer reservas biológicas o áreas naturales protegidas, y *b)* crear modelos o sistemas de explotación en forma sustentable en las regiones donde se presentan estas plantas, lo que implica una serie de acciones y actividades a considerar y entender para lograr una mejor conservación (Maxted *et al.*, 1997). Cabe mencionar que es importante considerar los diferentes niveles de organización al cual están sujetos todos los organismos: individuo, población, comunidad y ecosistema, ya que cada nivel requiere diferentes y específicas acciones de conservación.

El concepto de Área Natural Protegida está muy identificado con la conservación *in situ*, la cual considera a la flora en general; sin embargo, la idea es considerarla también como una alternativa en la conservación de los recursos genéticos de especies cultivadas y sus parientes silvestres dentro de los sistemas tradicionales de producción o explotación (Brush, 2000; Maxted *et al.*, 2002). Esto incluye conservar tanto la diversidad de los parientes silvestres y el sistema de manejo del recurso, basado en el hecho de que al mantener estos sistemas, y más aún, al conservarse la cultura relacionada con ellos, se mantiene el recurso genético (Brush, 2000). Por su parte, Brush (2000) y Maxted *et al.* (2002) señalan que es muy importante complementar ambos tipos de conservación, *ex situ* e *in situ*, dada la preocupación generada por la desaparición de su diversidad genética, ocasionada por el aumento de la población humana con el correspondiente aumento en la demanda de alimentos y recursos naturales, cuyas consecuencias pueden incluir la lamentable pérdida de las variantes nativas y sus parientes silvestres.

La mayoría de esta diversidad –de la cual depende su supervivencia– está en manos de pequeños agricultores, marginados y de edad avanzada que conservan casi toda su producción, así como de comunidades indígenas de culturas muy antiguas y tradicionales. El cambio en los sistemas de producción y el abandono de las prácticas tradicionales de explotación

pueden traer como consecuencia la pérdida de la diversidad. El mantenimiento de los sistemas tradicionales de producción y el de la cultura que los sostiene es la mejor estrategia para la conservación de la diversidad de las especies cultivadas en estos ecosistemas. Por otro lado, resulta fundamental mejorar la calidad de vida de las comunidades locales que son los verdaderos vigías y guardianes de la diversidad fitogenética, para lograrlo es necesario mejorar el sistema de producción, modificando uno o varios de sus componentes sin disminuir la diversidad (CATIE, 1979; Esquinas 1982; FAO, 1989).

La conservación *in situ* debe basarse en un esfuerzo concentrado de las comunidades locales, las organizaciones no gubernamentales y las instituciones nacionales. La utilización de las plantas, ya sea en el presente y en el futuro, dentro de los sistemas agrícolas actuales debe ser tomada en cuenta, como factor importante dentro del desarrollo actual de la agricultura (FAO, 1989).

Con base en lo anterior se sugiere generar políticas de conservación de los recursos genéticos vegetales, dando énfasis a los parientes silvestres, muchos de los cuales se encuentran en interacción con las plantas domesticadas, por lo que resulta urgente identificarlos, hacer un diagnóstico sobre el estado que guardan y diseñar acciones para su conservación *in situ*, sobre todo considerando el número y dimensiones de las áreas naturales protegidas que existen en el estado de Guanajuato.

Literatura citada

Brush, S.B. 2000. *Genes in the Field. On-Farm Conservation of Crop Diversity.* Italia, International Plant Genetic Resources Institute e International Development Research Centre.

Casas, A. y F. Parra. 2007. "Agrobiodiversidad, parientes silvestres y cultura", *Leisa, Revista de agroecología* **23**: 5-8.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1979. *Los recursos genéticos de las plantas cultivadas en América Central.* Turrialba, Costa Rica, CATIE/GTZ.

Esquinas, A., J.T. 1982. *Los recursos fitogenéticos una inversión segura para el futuro.* Madrid, España, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.

FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1989. *Recursos fitogenéticos. Su conservación in situ para el uso humano.* Roma, Italia.

Maxted, N., B. Ford-Lloyd y J.G. Hawkes. 1997. *Plant genetic conservation: the* in situ *approach.* Londres, Chapman & Hall.

———, N., L. Guarino, L. Myer *et al.* 2002. "Towards a methodology for on-farm conservation of plant genetic resources", *Genetic resources and crop evolution* **49**: 31-46.

Prescott-Allen, R. y C. Prescott-Allen. 1990. "How many plants feed the world?", *Conservation Biology* **4**: 365-374.

Wilkes, G. 1995. "The ethnobotany of artificial selection in seed plant domestication", en R.E. Schultes y S. von Reis (eds.), *Ethnobotany, evolution of a discipline.* Portland, Oregon, E.U.A., Dioscorides Press, pp. 203-208.

ESTUDIO DE CASO

CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA Y MOLECULAR DE LA MADURACIÓN DE FRUTOS DE NOPAL (*Opuntia* sp.) DE GUANAJUATO



Andrés Cruz-Hernández | Flor de Fátima Rosas-Cárdenas

Introducción

El nopal (*Opuntia* spp.) se clasifica dentro de la familia *Cactaceae*, la cual constituye uno de los recursos más importantes y cuantiosos de la flora mexicana, y abarca cerca de 30% de la superficie continental. En dicha familia se ubican aproximadamente 130 géneros y 1 600 especies. El género *Opuntia* está conformado de aproximadamente 300 especies. En México, Bravo-Hollis (1978) registró 104 especies, 60 endémicas del país. Muchas especies de cactus producen frutos comestibles, sin embargo, sólo se conocen como cultivo para frutos a las especies del grupo *Platyopuntia*, destacando el nopal tunero *Opuntia ficus indica* como la especie más conocida, la cual brinda una productividad comparable con los cultivos agrícolas más productivos (Nobel, 1988). Las tunas son apreciadas por su sabor dulce en algunas variedades. Estos frutos son usados para la producción de alimentos como jugos, bebidas alcohólicas, mermeladas y edulcorantes líquidos naturales.

La producción de tuna se practica en 21 países de manera comercial. Los países dedicados a su cultivo y que concurren al mercado internacional son México, Italia, España, Sudáfrica, Brasil, Chile, Argentina y Estados Unidos. México es el principal productor, seguido de Italia y Sudáfrica (Flores-Valdez, 2002).

En México la tuna ha sido consumida por miles de años y una de sus ventajas es que las regiones semiáridas de la parte central poseen la más grande diversidad genética de tunas en el mundo (Pimienta-Barrios, 1994; Barbera *et al.* 1999). La mayoría de los países basan su producción en una sola variedad, que en ocasiones ni siquiera ha sido identificada correctamente. En contraste, México cuenta con gran diversidad de tunas, lo que le permite ofrecer al mercado tunas blancas, amarillas, anaranjadas y rojas, otorgándole una gran ventaja para liderar los mercados internacionales de este producto (Barbera *et al*., 1999).

En el estado de Guanajuato la producción de tuna (3 059 ha) se localiza al norte del estado, en los distritos de riego San Luis de la Paz con 843 ha, cuyos municipios más productivos son San Luis de la Paz (489 ha) y Doctor Mora (220 ha). El distrito de riego Dolores Hidalgo, con 2 216 ha, incluye los municipios San Felipe (1 076 ha), San Diego (486 ha) y Dolores Hidalgo (282 ha). Las principales variedades cultivadas en la entidad son: Reyna, Rojo Pelón y Cardón (Fernández-Montez *et al*., 2000).

Las tunas han sido clasificadas, de acuerdo a su periodo de desarrollo, en variedades de maduración temprana, intermedia y tardía (Pimienta-Barrios, 1994), dependiendo del tiempo requerido para el desarrollo del fruto desde la antesis hasta la maduración (cuadro 1). Se ha observado que estas variedades exhiben diferentes comportamientos de almacenamiento, las cuales son variedades con vida de anaquel corta, media y larga.

Estudios de desarrollo y maduración

Dado que en el estado existe una gran variabilidad de materiales de tunas, cada una con

Cuadro 1. Clasificación de tunas con respecto a su comportamiento en la maduración.

Clasificación	Temprana	Intermediaria	Tardía
Días postfloración	80-115	115-130	135-140
Morfoespecies	Naranjona	Blanca cristalina	Cardona
	Reyna	Esmeralda	Charola

Cruz Hernández, A. y F. Rosas Cárdenas. 2012. “Caracterización bioquímica y molecular de la maduración de frutos de nopal (*Opuntia* sp.) de Guanajuato” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 338-342.

distintos comportamiento de maduración y por consiguiente con distinta vida de anaquel, se han desarrollado estudios para conocer las características de las tunas con distintos tiempos de maduración que se cultivan en el estado con el fin de su uso posterior en programas de mejoramiento.

Con el fin de identificar las características de maduración en cada una de las morfoespecies se utilizaron frutos de cuatro morfoespecies de nopal tunero (figura 1) con diferente comportamiento de maduración, de acuerdo a la clasificación de Pimienta-Barrios (1994). Los frutos fueron escogidos de acuerdo a su comportamiento de a) maduración temprana (Naranjona; *Opuntia ficus indica*), b) intermedia (Esmeralda; *Opuntia ficus indica*; Blanca Cristalina *Opuntia* sp.), y c) tardía (Charola *Opuntia streptacantha*), dependiendo del tiempo requerido para el desarrollo total del fruto. Los frutos fueron cosechados en tres diferentes estadios (verde, semimaduro y maduro).

Los frutos de las morfoespecies "Naranjona", "Esmeralda" y "Blanca cristalina", fueron colectados en el Campo Experimental Norte de Guanajuato (Cengua), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el municipio de San Luis de la Paz. Los frutos de la morfoespecie "Charola" se colectaron en una huerta particular en el ejido de los Pinos, Zacatecas.

Como primer acercamiento se analizó el ablandamiento del fruto, a través de la evaluación de la función de proteínas que rompen la pared celular (PME, PG, ß-Gal y celulasa) de tunas con maduración contrastante (Naranjona y Charola) (figura 2), y su relación con los cambios de la pared celular durante la maduración (Carrillo-López *et al.*, 2002). Se encontró que las proteínas afectaron la pared celular de diferente forma, por ejemplo, los cambios en la pared celular de la morfoespecie con maduración tardía (Charola) fueron poco notables, en comparación con la morfoespecie de maduración temprana (Naranjona). El trabajo de Hernández-Pérez *et al.* (2005) confirma estos resultados, ya que encontraron que las morfoespecies de maduración temprana e intermedia (Naranjona, Blanca cristalina, Esmeralda)

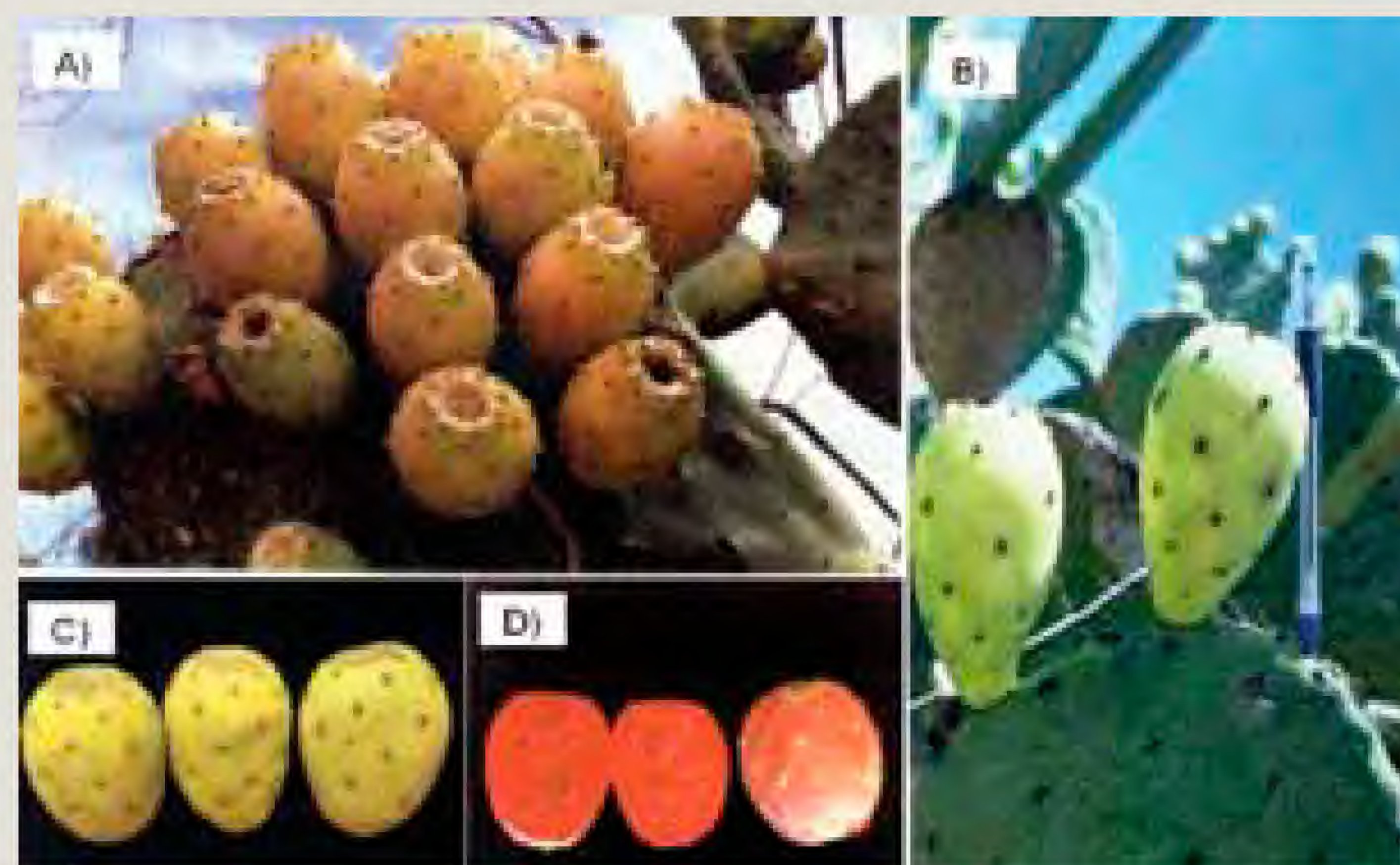


Figura 1. Morfoespecies de maduración contrastante que han sido utilizadas para estudio de la maduración de tuna. a) Naranjona, b) Blanca cristalina, c) Esmeralda y d) Charola (fotografías cortesía del doctor Andrés Cruz y la doctora Leonor Valderrama).

presentaban comportamientos similares en la función de enzimas. Por otra parte, Carrillo-López *et al.* (2003), realizaron un análisis de las características fisicoquímicas, tales como cambios en textura, contenido de azúcares, pérdida de peso, entre otros (figura 3); durante la maduración de morfoespecies con maduración contrastante (Naranjona y Charola) se observó que la textura y la pérdida de peso podrían estar asociados a la maduración de estos frutos.

Collazo-Siqués *et al.* (2003) analizaron a nivel molecular, dos genes de la síntesis de etileno (la hormona de la maduración). Los genes que codifican para la ACC sintasa y la ACC oxidasa mostraron un incremento en su contenido de RNA mensajero (RNAm) durante la maduración, en la morfoespecie Blanca cristalina, indicando una posible participación de esta hormona en la tuna (cuadro 2).

El análisis molecular de genes asociados al ablandamiento del fruto mostró una expresión diferencial durante la maduración de la tuna, que indica una participación particular de los genes en cada material (cuadro 2). La expresión del RNA mensajero de PG en frutos semimaduros de Blanca cristalina (figura 4), sometidos a diferentes tratamientos como daño por frío, daño mecánico y exposición a etileno mostró el encendido diferencial de este gen, aunque no se encontró una correlación entre la expresión de PG y la maduración de la tuna (Rosas-Cárdenas *et al.* 2007). Todos estos trabajos han brindado

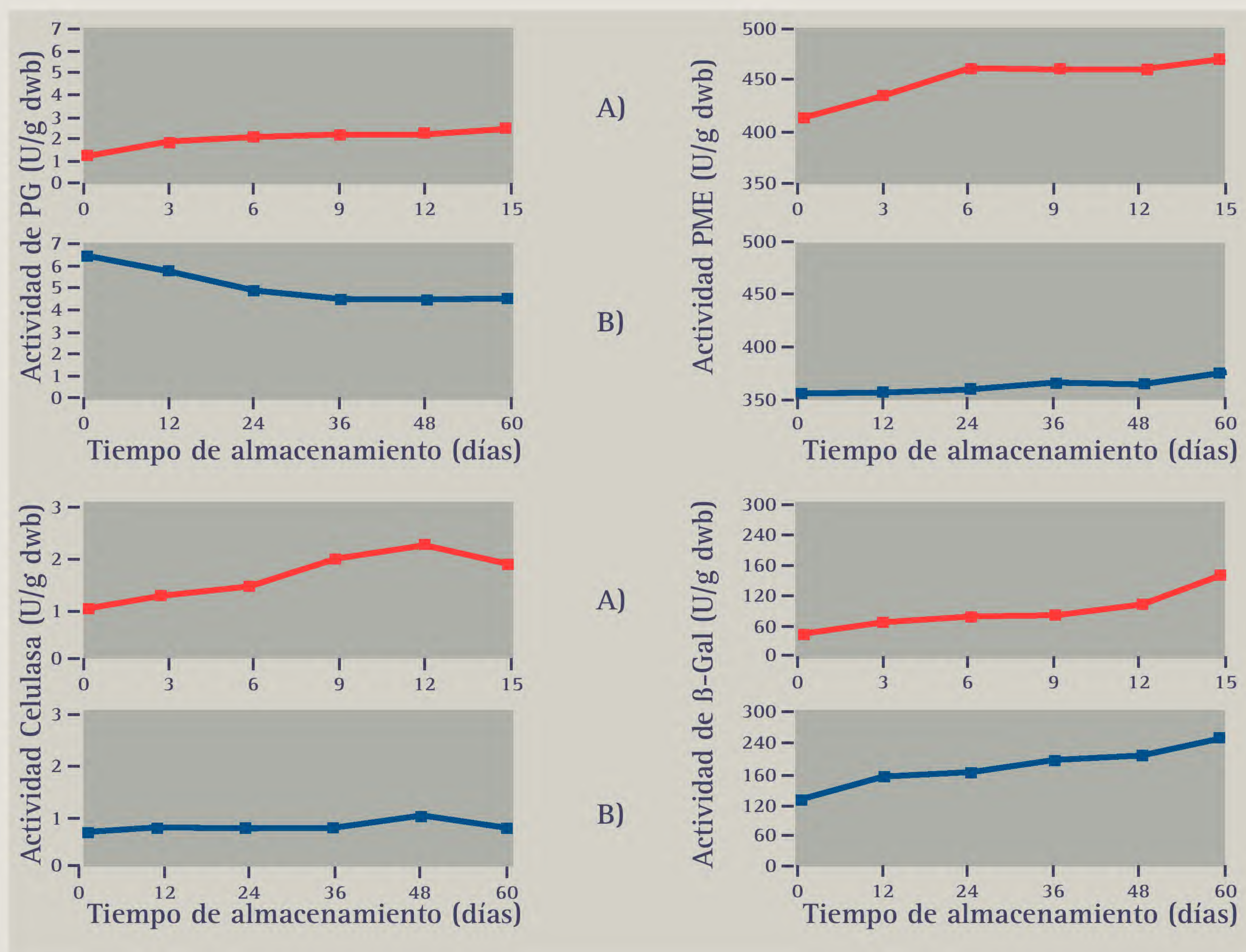


Figura 2. Actividad enzimática de tunas con características de maduración contrastante A) Naranjona, B) Charola (Carrillo-López *et al.*, 2002).

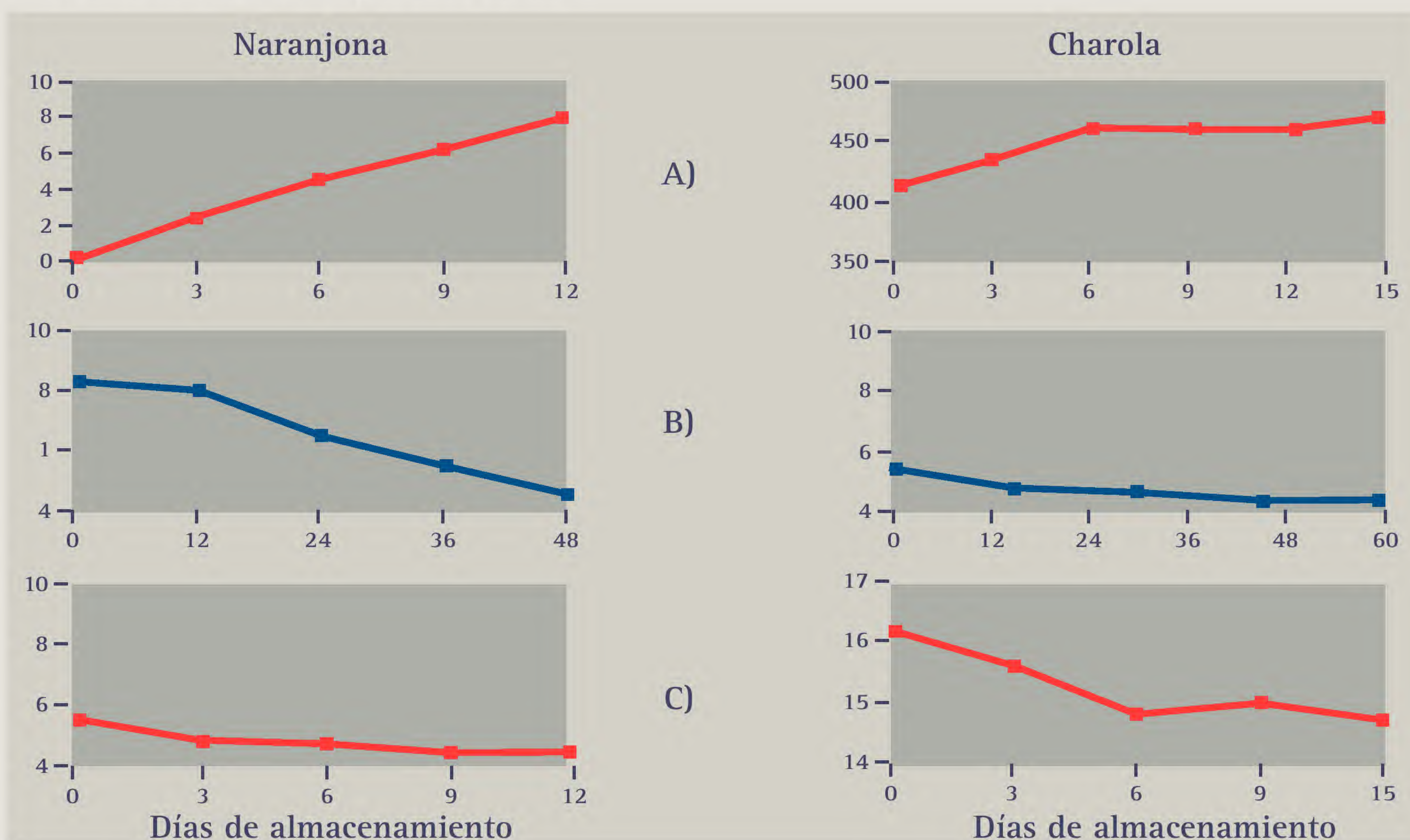


Figura 3. Parámetros fisicoquímicos durante la maduración de la tuna A) Pérdida de peso en %, B) Textura en Newtons y C) Sólidos solubles totales en °Brix (Carrillo-López *et al.*, 2002).

Cuadro 2. Genes identificados en la maduración de tuna.

Gen	Tejido	Proceso	Estado
ACC sintetasa	Fruto	Maduración	Inducible
ACC Oxidasa	Fruto	Maduración	Inducible
Polygalacturonasa	Fruto	Maduración	Inducible/ Constitutivo
ß-galactosidasa	Fruto	Maduración	Inducible
Celulasa	Fruto	Maduración	Constitutivo
PME	Fruto	Maduración	Constitutivo

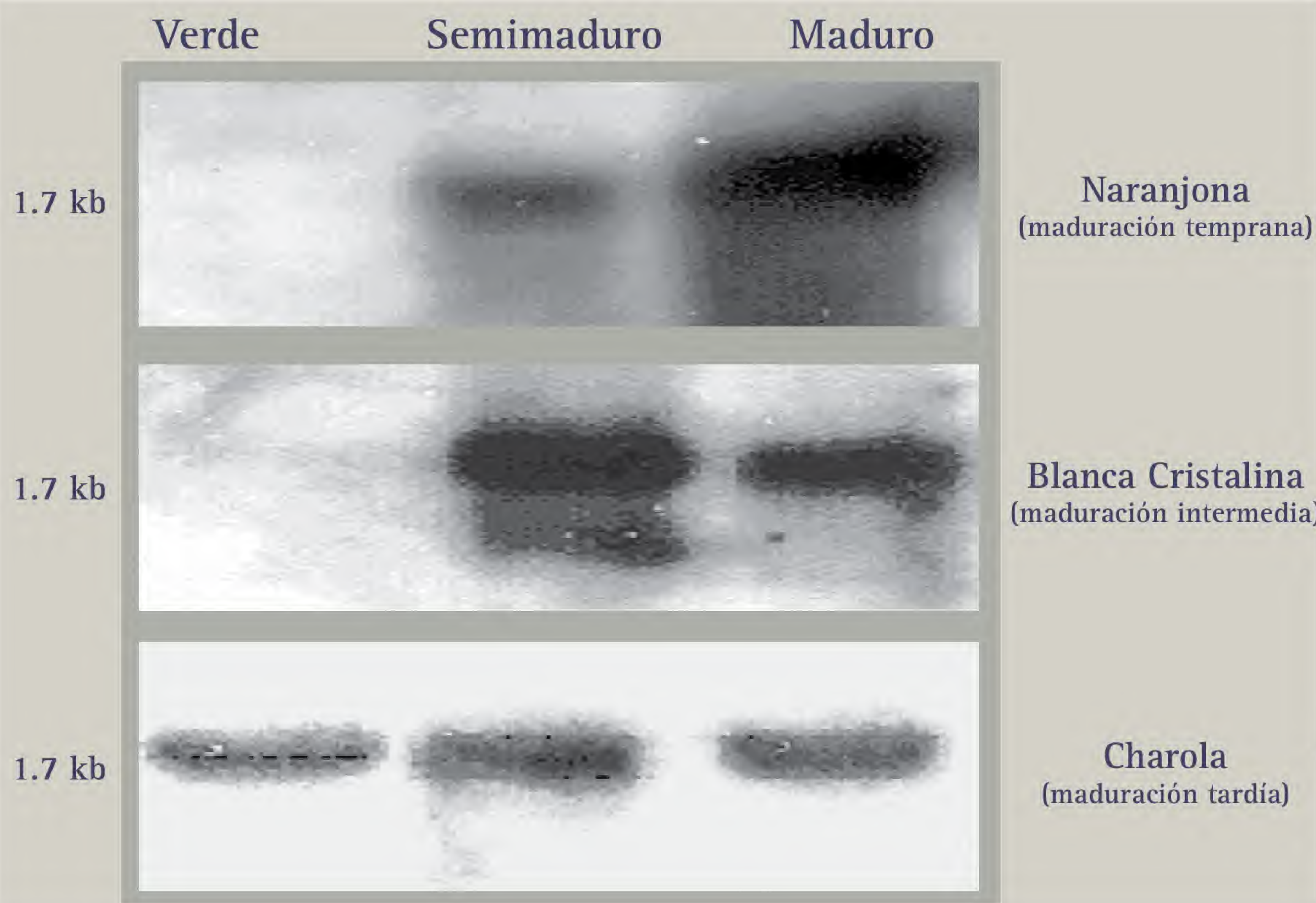


Figura 4. Análisis de la expresión de RNAm de poligalacturonasa en diferentes morforespecies de tuna.

información importante para ayudar a dilucidar el fenómeno de la maduración en este fruto.

Actualmente se realizan estudios de proteínas (proteómica) de morfoespecies de tuna de maduración temprana, intermedia y tardía (Naranjona, Blanca cristalina y Charola). Se encontró que Naranjona (temprana) necesitaba para el desarrollo del fruto de 1 254 proteínas, y Blanca cristalina (intermedia) de 1 315 proteínas. El análisis de las proteínas ha permitido identificar varias con diferentes funciones durante la maduración de las tunas (cuadro 3), que incluyen la síntesis de color, aroma, sabor y protección a estrés.

Conclusión

Debido a su valor nutricional, su potencial económico y los resultados de los diferentes estudios de este fruto, es necesario revalorar la importancia de la tuna en nuestro estado. Actualmente Guanajuato figura como uno de los centros de cultivo de tuna más importantes del país y con una riqueza de materiales excepcional, en el estado se encuentran los exportadores más importantes de este producto. En este trabajo se detectaron las propiedades físicas y químicas asociadas a la maduración, se encontró que las proteínas que rompen la pared y sus genes actúan dependiendo de cada material, y la expresión de genes de la síntesis de etileno está asociada a la maduración. La aplicación de estos resultados puede favorecer el desarrollo de nuevos materiales con una vida de anaquel más larga, disminuir las pérdidas del producto por efecto de la sobremaduración, por lo que estas aplicaciones pueden favorecer a las más de 300 familias que dependen de este cultivo para su subsistencia.

Agradecimientos

Al Consejo de Ciencia y Tecnología por el financiamiento. Al doctor Candelario Mondragón Jacobo (INIFAP-Cengua) por toda la información aportada.

Cuadro 3. Proteínas identificadas en el análisis proteínico de tuna.

Proteína	Cobertura de sequencia (%)	pI	PM	Vía metabólica
Omega-6 desaturasa de ácidos grasos, chloroplástica *Glycine max*	18	5.4	21	Síntesis de ácidos grasos
Ribulosa-1,5-bifosfato carboxylasa/oxygenasa *Lycopodium annotinum* (Stiff)	24	6.2	25	Fotosíntesis
Chalcona-flavonona isomerasa OS *Canna generalis*	24	6.0	21	Síntesis de antocianinas
Proteína de heat shock Hsp23.5 *Triticum aestivum* (Trigo)	22	6.2	25	Respuesta a estrés
Proteínas dedos de zinc, tipo CCHC; tipo SWIM *Medicago truncatula* (Barrel medic)	18	5.8	18	Transcripción de ADN
Posible proteína de resistencia del tipo NBS *Glycine max* (Soya)	55	6.2	25	Factor de transcripción
Proteína de membrana interna mitocondrial *Oryza sativa* (cultivar japonica)	40	6.0	21	Respiración
Subunidad **α**-de la ATPasa	45	5.72	42	Respiración
Glutamina sintetasa	40	5.45	23	Síntesis de aminoácidos

Literatura citada

Barbera, G., P. Inglese y E. Pimienta-Barrios. 1999. "Agroecología cultivo y usos del nopal", en E.J. Jiménez-Arias (coord.), *Grupo de cultivos hortícolas, servicio de cultivo de pastos*. Dirección de producción y protección vegetal. Estudio FAO producción y protección vegetal, pp. 5-24.

Bravo-Hollis, H. 1978. *Las cactáceas de México*, vol 1. México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Carrillo-López, A., A. Cruz-Hernández, A. Carabez-Trejo *et al.* 2002. "Hydrolytic activity and ultrastructural changes in fruit skins from two prickly pear (*Opuntia* sp.) varieties during Storage", *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **50**: 1681-1685.

———, A. Cruz-Hernández, F. Guevara-Lara *et al.* 2003. "Physico-chemical changes during ripening in storage of two varieties of prickly pear stored at 18 °C", *Journal of Food Science and Technology* **40**: 461-464.

Collazo-Síques P., M.E. Valverde, O. Paredes-López *et al.* 2003. "Expression of ripening-related genes in prickly pear (*Opuntia* sp.) fruits", *Plant Foods for Human Nutrition* **58**: 317-326.

Fernández-Montez, M.R., C. Mondragón-Jacobo, J. Luna-Vázquez *et al.* 2000. *Principales cultivares mexicanos de nopal tunero*. Guanajuato, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional del Centro. Campo Experimental Norte de Guanajuato. Publicación Técnica núm. 1. San Luís de la Paz, Gto. México.

Flores-Valdez, C. 2002. *Producción y comercialización de la tuna*. México, Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma de Chapingo, pp. 38-39.

Hernández-Pérez, T., A. Carrillo-López, F. Guevara-Lara *et al.* 2005. "Biochemical and nutritional characterization of three prickly pear species with different ripening behavior", *Plant Foods for Human Nutrition* **60**: 195-200.

Nobel, P.S. 1988. *Biology of agaves and cacti*. Nueva York, Cambridge University Press.

Pimienta-Barrios, E. 1994. "Prickly pear (*Opuntia* spp.): a valuable fruit crop for the semiarid lands of México", *Journal of Arid Environment* **28**: 1-11.

Rosas-Cárdenas, F.F., M.L. Valderrama-Cháirez, A. Cruz-Hernández et al. 2007. "Prickly pear polygalacturonase gene: cDNA cloning and transcript accumulation during ethylene treatment", *Postharvest Biology and Technology* **44**: 254-259.

Estudio de la calidad nutrimental de las proteínas de las razas de maíz del centro y sureste del estado de Guanajuato



Magdalena Segura Nieto | Berenice Cueva Torres

México es centro de origen del maíz, cereal básico de la alimentación del país. Aquí se encuentra una de las mayores riquezas en la diversidad de razas de esta planta. Las razas de maíz representan "reservorios" de diversidad genética (germoplasma) porque fueron domesticados y han evolucionado a lo largo de miles de años de cultivo en una gran variedad de razas genéticamente distintas. Esto se debe a su adaptación a la gran variedad de condiciones ambientales donde se cultiva, a la selección que han hecho los agricultores para la diversidad de usos que se les da, principalmente al grano, y a las distintas partes de la planta.

A nivel mundial, las plantas son la fuente principal de proteínas en la alimentación del hombre, del ganado y de los animales de cría. Por varios años el maíz, el trigo y el arroz han ocupado los tres principales lugares en la producción mundial como fuente de proteína vegetal para la alimentación (FAOSTAT, 2004).

El maíz (*Zea mays*) pertenece a la familia de las Gramíneas, tribu *Maydae* y ésta es la única especie cultivada del género *Zea* de gran importancia económica, (Wellhausen *et al.*, 1951). Es originario de América y fue introducido en Europa en el siglo XVI; actualmente es el cereal con mayor volumen de producción en el mundo, superando al trigo y al arroz (FAOSTAT, 2004).

Existen varias propuestas sobre la evolución del maíz, aunque hasta la fecha se ha aceptado al teocintle como su antecesor silvestre, porque ambos han coexistido desde la antigüedad (Wilkes y Goodman, 1996).

El objetivo de este estudio es conocer las distintas razas de maíces del Bajío de Guanajuato con el fin de analizar algunas características bioquímicas, con especial atención a algunas propiedades nutrimentales de las razas más comunes del estado.

Las proteínas del maíz han sido estudiadas desde hace más de 50 años (Mertz, 1992) y se siguen estudiando en los maíces mejorados, con el objetivo principal de aumentar la calidad de la proteína del grano de maíz, principalmente en el contenido balanceado de los aminoácidos esenciales lisina, treonina y triptófano. La alimentación deficiente en alguno de los nueve aminoácidos esenciales es la causa de la desnutrición proteínica, uno de los problemas más graves de los países en vías de desarrollo como el nuestro.

Estas razas de maíz pueden ser muy útiles en la agricultura actual por contener características genéticas únicas. Muchos de estos maíces no han sido estudiados desde los siguientes cinco puntos de vista: agronómico, calidad nutrimental, características bioquímicas, propiedades nutracéuticas y su variabilidad genética.

Existe un peligro constante de desaparición de muchas de estas razas porque la mayoría de estos maíces son de temporal. Algunos de los agricultores que facilitaron las colectas que se estudiaron ya abandonaron sus parcelas y emigraron a Estados Unidos, otros dejaron de sembrar las distintas razas para sembrar híbridos comerciales, lo que se debe en parte al desconocimiento de la calidad de las distintas razas y sus posibles valores agregados. Un ejemplo de lo anterior es el caso del maíz Ratón aquí estudiado, que proviene de la comunidad de San José Temascatío, municipio de Salamanca, aunque también se siembra en Tamaulipas y en la Comarca Lagunera. Esta raza de maíz está considerada entre los maíces de ciclo corto que, en condiciones de buen temporal, tiene buen rendimiento (10.36 ton/ha). El maíz Ratón generalmente es blanco y dentado y tiene muy buena calidad proteínica. Entre sus usos está la preparación de tortillas, atole,

Segura Nieto, M. y B. Cueva Torres. 2012. "Estudio de la calidad nutrimental de las proteínas de las razas de maíz del centro y sureste del Estado de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 343-349.

tamales, elotes y otros (Aguirre-Gómez *et al*., 2008; Ortega Paczka, 2003).

En este estudio analizamos la calidad nutrimental de las proteínas de los granos de nueve razas (provenientes de 10 colectas) de los maíces de Guanajuato, que representan las razas más comunes del estado (figura 1). Para esto se emplearon dos criterios directos: 1) Medir la concentración de la proteína total del grano, y 2) Analizar el contenido de aminoácidos esenciales de las proteínas. En la figura 1 se muestran fotografías de las 10 colectas de maíces estudiadas y representan a nueve de las razas más comunes del estado.

1. Concentración de la proteína total de la harina de las razas de maíces. La concentración de la proteína total de las harinas enteras o las deslipidizadas (marcadas con un asterisco *) de estos maíces fueron determinadas con el método de Smith *et al.* (1985) que se muestran en el cuadro 1. Las concentraciones se encuentran en un rango de 8.9 a 11.8% de proteína, expresada como por ciento en peso. Estas concentraciones están dentro del rango y por arriba de los valores reportados para los maíces con proteína de calidad (Quality Protein Maize, QPM), Los maíces QPM se encuen-

Cuadro 1. Concentración de la proteína total de la harina entera o deslipidizada (*) de diez colectas de razas de maíz, expresado por ciento en peso (modificado de Aguirre-Gómez *et al*., 2008).

Colecta	Raza	Proteína total de harina entera o deslipidizada*
CEL0402	Celaya	10.0*
EOCC0602	Elotes occidentales	11.8
ECON1502	Elotes cónicos negro	10.0
MUS2602	Mushito x Celaya	8.9
CON3202	Cónico norteño	10.0*
TAB3902	Tablilla de ocho	9.7*
ANC4002	Ancho	9.0
1000G4302	Mil granos (sequía)	10.7*
RAT5802	Ratón	9.0
ECON6502	Elotes cónicos colorado	10.3

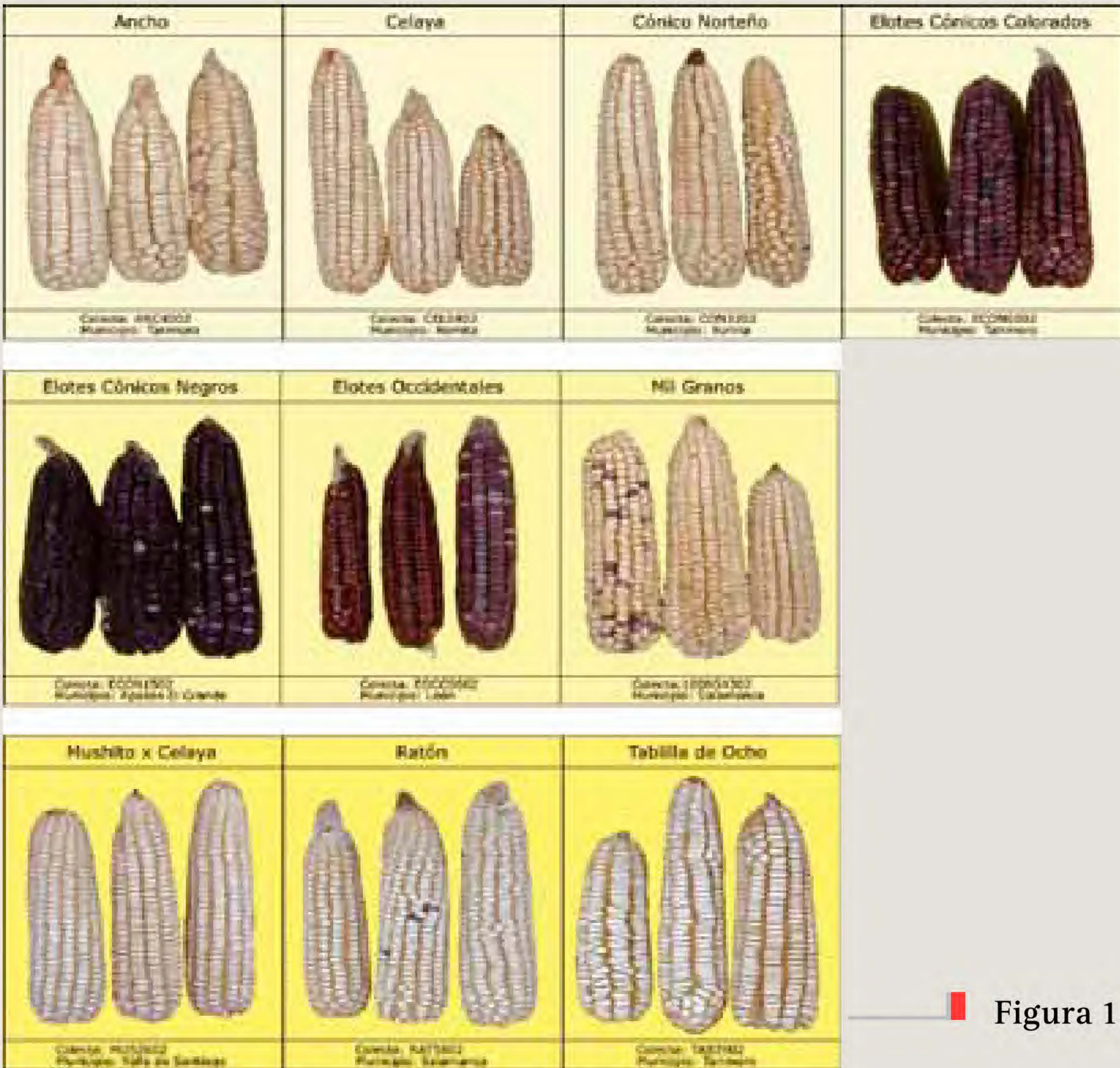


Figura 1. Razas de maíces analizadas en este estudio.

tran en un rango de 8-11% en peso (Mertz, 1992; Zarcadas *et al.*, 2000).

La colecta EOCC0602 de Elotes occidentales tiene la concentración de proteína mayor, que la de los maíces QPM. En el caso de las harinas deslipidizadas, se ha observado que durante el proceso de desengrasar la harina hay una pérdida de proteínas unidas a lípidos que están en un rango de 5 a 10% de la concentración de la harina entera (cuantificaciones hechas por triplicado).

2. Composición de aminoácidos de las harinas enteras de las razas de maíz. Las proteínas de cualquier sistema biológico están formadas de 20 aminoácidos (19 L-aminoácidos + glicina). Los animales monogástricos, como el hombre, no producen nueve de los 20 aminoácidos que se utilizan en la síntesis de proteínas, aminoácidos llamados "esenciales" que se adquieren con los alimentos, por lo que el ser humano puede presentar un proceso de desnutrición si no ingiere diariamente alimentos que contengan la concentración adecuada de estos nueve aminoácidos esenciales (FAO, 1985).

El segundo criterio de la calidad nutricional de las proteínas en la harina de las diez colectas de las razas de maíz se refiere a las concentraciones de los nueve aminoácidos esenciales de las proteínas, de acuerdo a los requerimientos diarios indicados por la FAO. En el cuadro 2, se muestra la tabla de la composición de aminoácidos esenciales de las harinas enteras de los distintos maíces, expresada en por ciento en moles. En el último renglón de la tabla, se muestran los valores de la concentración de cada aminoácido esencial de acuerdo a los requerimientos de la FAO (1985).

El análisis de la composición de los aminoácidos de las harinas enteras de las razas de maíz reveló una gran variabilidad en la calidad nutrimental de las proteínas de las harinas, principalmente en el contenido balanceado de los aminoácidos esenciales. En este estudio no se determinó triptófano, porque el método de hidrólisis ácida lo destruye (Bidlingmeyer *et al.*, 1984).

Sólo la raza Ratón presentó una excelente calidad de proteína balanceada en siete de los aminoácidos esenciales y una concentración de lisina de 3.5% en moles, que representan 78% del valor recomendado por la FAO de 4.5% moles. Otras dos razas interesantes son: la raza Mil granos cuyo contenido de lisina es de 58% y la raza Mushito con 55% de los requerimientos de lisina.

Por otra parte se utilizó un criterio indirecto que también mide la calidad de la proteína del maíz. Este concepto se refiere a la disminución en la concentración del grupo de proteínas más abundantes en el maíz, llamadas zeínas, las que se caracterizan por no contener dos aminoácidos esenciales: lisina y triptófano. Al disminuir su concentración en el grano de maíz, aumenta la concentración de otros grupos de proteínas

Cuadro 2. Composición de aminoácidos esenciales, expresado en por ciento en moles, de las proteínas de la harina entera de las distintas razas de maíces.

Colecta	Raza	HIS ***	TRE ***	VAL ***	ILE ***	LEU ***	LIS ***	CIS + MET ***	FEN ***+ TIR
CEL 0402	Celaya	1.7	4.1	5.6	3.1	12.8	1.7	3.43[3]	5.3
EOCC0602	Elotes occidentales	2.7	3.7	4.8	2.2	8.5	1.2	10.0	7.0
ECON1502	E. Cónicos norteño	2.2	3.4	5.3	2.9	12.1	1.6	6.3	4.8
MUS2602	Mushito x Celaya	2.9	3.8	2.6	2.4	9.5	2.5	7.7	8.1
CON3202	Cónico norteño	1.8	2.6	4.2	1.9	11.3	1.9	11.4	6.3
TAB3902	Tablilla de ocho	2.3	2.0	4.4	2.0	12.1	1.7	8.8	5.3
ANC4002	Ancho	1.8	2.3	5.1	2.5	13.4	2.1	7.5	6.2
1000G4302	Mil granos (sequía)	2.0	1.6	5.2	2.6	10.2	2.6	10.3	5.1
RAT5802	Ratón	2.9	3.8	6.2	3.2	11.4	3.5	4.7	6.8
ECON6502	E. cónicos colorado	2.3	3.3	4.6	2.9	12.6	1.4	8.2	5.0
FAO[1] Requerimientos diarios		1.4	3.4	3.5	2.5	5.8	5.8	3.0	4.0

ASX*= ASN + ASP; GLX**= GLU + GLN (Método Bidlingmeyer *et al.*, 1984); *** Aminoácidos esenciales; [1]Patrón de requerimientos de la FAO para niños de 2 a 5 años de edad expresado en por ciento en moles (FAO, 1985); [2]Aminoácidos oxidados para su cuantificación; [3]Aminoácidos no oxidados para su cuantificación (Modificado de Aguirre-Gómez *et al.*, 2008).

que sí contienen lisina y triptófano, beneficiando de esta manera la calidad de la proteína total del maíz (Paulis *et al.*, 1992; Shewry y Tatham, 1990). Por esta razón, se sugiere que existe una relación inversa entre la calidad nutrimental del maíz y la concentración de zeínas, ya que al disminuir la concentración de éstas sube la calidad nutricional de la proteína total.

En la figura 2, se muestra una gráfica de la comparación porcentual de la concentración de las zeínas con la proteína total en la harina de los distintos maíces. Los análisis de la raza Ratón (RAT5802) reafirman la hipótesis antes mencionada, porque tiene el menor contenido de zeínas y el mayor contenido de lisina en la proteína total (3.5%).

En la figura 3, se muestra una comparación de los patrones electroforéticos de la proteína total de la harina entera (PT) y de las zeínas (Z) correspondientes de cada raza de maíz del Bajío de Guanajuato. En la columna (M) están las proteínas marcadoras que sirven de referencia para calcular el peso molecular de las proteínas de la harina total y de las zeínas.

El análisis electroforético de las proteínas totales (bandas en PT) en la harina de cada raza nos dan una idea de la abundancia relativa interna de las zeínas en la harina con respecto a las otras proteínas y de la heterogeneidad en los perfiles proteínicos de cada raza. Las zeínas se pueden identificar observando el carril adyacente (Z) con estas proteínas; en la figura 3, la raza Ratón presenta el menor contenido de zeínas y el mayor contenido de lisina, como era esperado.

Conclusiones

En Guanajuato se cultivan varias razas de maíces por los productores de riego y de temporal. En este trabajo se analizaron los maíces de las regiones centro y sureste del estado y, aunque falten por analizar las razas provenientes de las regiones norte del Bajío, ya se cuenta con una base de datos sobre las principales razas de los maíces del Bajio de Guanajuato que hasta ahora incluyen 20 colectas con 12 razas principales (Aguirre-Gómez *et al.*, 2008). A partir del análisis de las propiedades nutrimentales de 10 colectas de las razas de maíz se puede destacar lo siguiente:

1. La concentración de la proteína total de la harina de los distintos maíces está dentro del rango de maíces con proteína de calidad (QPM), y en el caso de Elotes occidentales EOC0602 supera ese rango de concentración (11.8% en peso), comparado con las concentraciones los maíces mejorados QPM de 9.6 a 11.2 (Mertz, 1992; Zarcadas *et al.*, 2000).

2. El maíz Ratón (RAT5802) tiene un alto valor nutrimental por su contenido bien balanceado de siete aminoácidos esenciales y un contenido de lisina de 78% de los requerimientos diarios recomendados por la FAO. Falta determinar triptófano.

3. Parece existir una relación inversa entre la calidad nutrimental de la proteína del maíz y la concentración de las zeínas, ya que al subir la concentración de éstas, baja la calidad nutrimental de las proteínas.

Finalmente, es importante resaltar, por un lado, la importancia del maíz en el mundo como alimento y sus diferentes usos en la industria, como materia prima para los diferentes productos que de él se derivan y, por el otro, que México es un centro de origen, domesticación, diversidad y, considerado por algunos, como uno de los últimos reservorios de diversidad genética para la humanidad (Bellon y Berthaud, 2004). Las distintas razas de maíz en México deben de ser protegidas, conservadas y estudiadas por la riqueza de sus germoplasmas, por lo que deben continuarse las investigaciones que permitan descubrir el potencial de cada raza a través del análisis de sus colecciones genéticas únicas. Esto permitirá detectar algunas características de importancia agronómica: resistencias a sequía, resistencia a ciertas plagas, actividades antimicrobianas, precocidad y, en el mejor de los casos, la alta calidad nutricional. En el caso de las plagas, los mejoradores pueden acudir a estos maíces criollos y en ellos encontrar la resistencia a distintos agentes nocivos e introducirlos a sus variedades por retrocruzas o por técnicas de ingeniería genética (Duvick *et al.*, 1992).

Es evidente la importancia de apoyar más proyectos de investigación dirigidos a localizar y caracterizar todos los maíces criollos de la entidad, y en general de México, ya que hasta el momento no se tiene un registro de todas las razas que continúan sembrándose a lo largo del país.

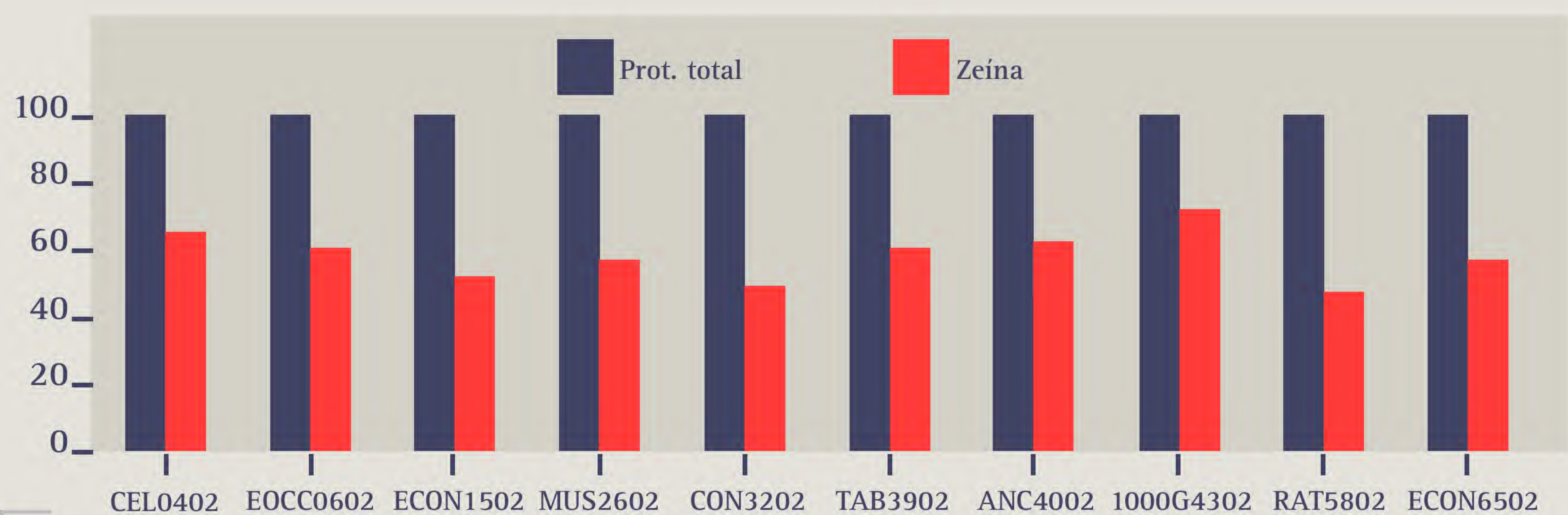


Figura 2. Comparación porcentual de la concentración de proteína total con la de las zeínas (modificado de Aguirre-Gómez *et al.*, 2008).

CEL0402 Harina entera
EOCC0602 Harina deslipidizada
ECON1502 Harina deslipidizada
MUS2602 Harina deslipidizada
CON3202 Harina deslipidizada
TAB3902 Harina deslipidizada
ACH4002 Harina entera
1000G4302 Harina deslipidizada
RAT5802 Harina deslipidizada
ECON6502 Harina deslipidizada

Figura 3. Comparación de los patrones electroforéticos de la proteína total con las zeínas correspondientes, de cada una de las razas de maíces del Bajío de Guanajuato. M, proteínas marcadoras de peso molecular conocido; PT, proteína total 80µg y Z, zeínas 40µg.

9 Capítulo

Literatura citada

Aguirre-Gómez, A., J.L. Pons, y M. Segura. 2008. *Resumen parcial de la base de datos de las principales razas de los maíces criollos de El Bajío de Guanajuato. Información agronómica, nutricional, proteómica y molecular.* Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto politécnico Nacional (Cinvestav)/Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)14-18.

Bellon, M.R. y J. Berthaud. 2004. "Trasngenic maize and the evolution of landrace diversity in México. The importance of farmers behavior", *Plant Physiology* **134**: 883-888.

Bidlingmeyer, B.A., S.A. Cohen y T.L. Tarvin. 1984. "Rapid analysis of amino acids using precolumn derivatization", *Journal of Chromatography* **336**: 93-104.

Duvick, J.P., T. Rood, A.G. Rao *et al.* 1992. "Purification and characterization of a novel antimicrobial peptide from maize *(Zea mays* L.) kernels", *The Journal of Biological, Chemistry* **267**: 18814-18820.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization. Agricultural Statistics). 2004. Departamento Económico y Social, en *http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html?lang=en&item=56&year=2005.*

FAO/OMS/ONU. 1985. *Expert Consultation. Energy and Protein Requeriments.*

Laemmli, U.K. 1970. "Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4", *Nature* **227**: 680-685.

Mertz, E. 1992. *Quality protein maize.* Indiana. Purdue University West Lafayette, Ortega

Ortega Paczka, R. 2003. "La diversidad del maíz en México", en G. Esteva y C. Marielle (eds.), *Sin maíz no hay país.* Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (Conaculta), Dirección de General de Culturas Populares e Indígenas, México. pp. 123-154.

Paulis, J.W, J.A. Bietz, F.C. Felker *et al.* 1992. "Evaluating quality protein maize genotypes by reversed-phase high-performance liquid chromatography", en E.T. Mertz (ed.), *Quality protein maize.* The American Association of Cereal Chemists, pp. 122-154.

Shewry, P.R. y A.S. Tatham. 1990. "The prolamin storage proteins of cereal seed: structure and evolution", *Biochemical Journal* **267**: 1-12.

Smith, P.K., R.I. Krohn, G.T. Hermanson *et al.* 1985. "Measurement of proteins using bicinchoninic acid", *Analytical Biochemistry* **150**: 76-85.

Wellhausen, E.J., L.M. Roberts y X.E. Hernández. 1951. *Razas de Maíz en México.* Folleto Técnico núm. 5, Oficina de Estudios Especiales, Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), en *Xolocotzia*, Obras de Efraím Hernández Xolocotzi, t. II. pp. 609-732.

Wilkes, G.G. y M.M. Goodman. 1996. "Mistery and missing links: the origin of maize", en S. Taba (ed.), *Maize genetic resources.* México, CIMMYT, pp.1-6.

Zarcadas, C.G., R.I. Hamilton, Z.R. Yu *et al.* 2000. "Assessment of the protein quality of 15 new northern adapted cultivars of quality protein maize using amino acid analysis", *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48**: 5351-5361.

Glosario

Composición de aminoácidos. La medición del contenido de aminoácidos de las proteínas de la harina del grano de maíz se lleva a cabo en harinas que fueron hidrolizadas con HCl 6N a 110 °C por 24 horas. Posteriormente, los aminoácidos obtenidos de esta hidrólisis de las proteínas fueron "marcados" (derivatizados) con un reactivo que interacciona con grupos amino primarios y secundarios, y analizados por cromatografía de alta resolución de acuerdo a Bidlingmeyer *et al.*, (1984). Con un programa adecuado, se calcula la concentración de cada aminoácido que se produjo durante la hidrólisis de la harina, esto se hace teniendo como referencia los estándares de concentración conocida de cada aminoácido sometido al mismo tipo de hidrólisis.

Germoplasma: Material hereditario que se transmite de generación en generación. La mayor parte de la información está contenida en el ADN de los cromosomas.

Harina deslipidizada. Harina entera de maíz tratada con cuatro volúmenes de hexano frío por gramo de harina, extraída por dos horas con agitación suave a 4 °C y centrifugada para eliminar el hexano con los lípidos. El precipitado de la harina, se reextrae en las mismas condiciones. Después de la segunda centrifugación se extrae el hexano y la harina se somete a desecación al vacío hasta eliminar todo el hexano y así obtener la harina libre de lípidos.

Nutracéutico. Que contiene compuestos con actividades nutricionales y farmacéuticas.

Patrón electroforético. Separación de las proteínas de la harina entera o deslipidizada en un gel de poliacrilamida desnaturalizante bajo la influencia de un campo eléctrico de acuerdo a Laemmli (1970). Posteriormente las proteínas son visualizadas al ser teñidas con el colorante azul de Coomassie.

Zeínas. Proteínas de reserva del maíz muy hidrofóbicas, localizadas en los cuerpos proteínicos en el endospermo del grano, que no contienen lisina, ni triptófano y representan más de 50% de la proteína total del grano.

LOS FRIJOLES SILVESTRES *Phaseolus* spp. EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

9 Capítulo

Jorge Alberto Acosta Gallegos

Introducción

En México las especies del género *Phaseolus* son numerosas a lo largo de la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico; en otras regiones su número es menor, pero no son menos importantes. En México, la mayoría de estas especies son de carácter endémico (Delgado-Salinas, 1985; Martínez, 1995). Por otra parte, la representatividad de *Phaseolus* de algunas áreas del país en bancos de germoplasma (material vegetativo bajo el cual se puede conservar la diversidad genética de una población o especie) es limitada (Martínez, 1995), tal es el caso de algunas porciones de los estados de Querétaro, Guanajuato y San Luis Potosí, situados en la región de la Altiplanicie Central, así como en algunas regiones fisiográficas del norte de México. El clima en la mayor parte de la superficie de los estados de la Altiplanicie Central es semiárido templado, algunas porciones de trópico seco y altiplano subhúmedo templado, por lo que una buena porción de las especies colectadas en el estado cuentan con adaptación a esos ambientes. López *et al.* (2005) señalaron que el género *Phaseolus* presenta adaptación a una amplia gama de los tipos climáticos de México, con excepción de los climas fríos con alta humedad y cálido secos. Sin embargo, es probable que las regiones con los climas mencionados no hayan llamado la atención de los colectores, es decir no han sido exploradas (Martínez, 1995).

Debido al incremento de la población se da una mayor demanda de alimentos y recursos naturales, lo cual ha propiciado, en parte, la pérdida de los recursos genéticos de los cultivos alimenticios y sus parientes silvestres. Las poblaciones silvestres de frijol están siendo afectadas por factores como el cambio climático, la destrucción de los ambientes naturales, aumento de tierras al cultivo, incremento de la ganadería y la agricultura intensiva, causas que traen consigo la pérdida de estas poblaciones (Brush, 2000).

La presente contribución busca hacer hincapié en la necesidad de explorar, colectar y definir prioridades de futuras actividades que amplíen el conocimiento del género en el estado de Guanajuato. A la fecha las exploraciones de colecta de germoplasma no han sido sistemáticas, por lo que es necesario incrementarlas para tener mayor conocimiento del género de estudio. El frijol domesticado de la especie más importante, *P. vulgaris* no es reconocido por su resistencia a estrés ambiental e insectos, características que con seguridad están presentes en otras especies del género, particularmente en las formas silvestres.

Metodología

Por lo anterior, el equipo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), realizó colectas de especímenes del género *Phaseolus* de poblaciones silvestres en las montañas del estado de Guanajuato. La técnica de muestreo se basó principalmente en tomar semillas del mayor número de plantas disponibles en cada población, pero en el caso de que éstas fueran muy reducidas en número de individuos no se colectó. En cada sitio de colecta se tomaron notas sobre el estado de la población (tamaño, etapa de desarrollo, presencia de enfermedades e insectos, principalmente) y las coordenadas con la ayuda de un posicionador geográfico, posteriormente se identificaron las especies con base en los tratados taxonómicos de Delgado-Salinas (1985) y Freytag y Debouck (2002). Unas cuantas colectas no pudieron ser identificadas a nivel de especie y están en proceso de incremento de semilla y clasificación en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) en Celaya.

Acosta Gallegos, J. A. 2012. "Los frijoles silvestres *Phaseolus* spp. en el Estado de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 350-353.

Resultados y discusión

De los datos recabados se encontró que algunas poblaciones de *P. vulgaris* mostraron daño por enfermedades (las que atacan al frijol domesticado), la mayoría de las especies colectadas presentaron daños provocados por el picudo del ejote (*Apion godmani y A. aurichalceum)* y ocasionalmente se observaron gorgojos o sus huevecillos (*Acanthocelidos obtectus y Zabrotes subfaciatus*). Además de las colectas mencionadas en el cuadro 1, se realizaron colectas en el estado de Querétaro, donde se registraron especies que no han sido reportadas para Guanajuato (*P. esperanzeae, P. xolocotzii y P. marechalii*, al sur del estado, y *P. lunatus y P. zimapanensis* al oriente).

En el área cercana a los sitios de colecta en el extremo occidental de la Sierra de Guanajuato (El Cubilete), la sequía intermitente ocurrida durante el periodo de lluvias del año 2005 fue severa, y las muestras de semilla adquiridas fueron pobres a pesar de observar un gran número de plantas de las especies *P. microcarpus* y *P. leptostachyus*. Estas especies de *Phaseolus* son de las más distribuidas en el estado con adaptación a áreas semiáridas de suelos marginales. La colecta de *P. maculatus* realizada en 2006 en Ojos de Agua, Manuel Doblado (cuadro 1) presentó semillas de tamaño grande para un material silvestre (> 20 g/100 semilla) y de varios colores, desde negro brillante uniforme, gris jaspeado de negro, hasta pinto de fondo beige y manchas cafés, lo que había sido mencionado por Nabhan *et al*. (1980), quienes sugirieron un proceso de domesticación incipiente para esta especie en el suroeste de los Estados Unidos y el norte de México. Esta región poniente del estado ha sido mencionada como parte del área de domesticación del frijol común (Kwak *et al*., 2009). En la figura 1 se muestran vainas y granos de una población de *P. coccineus* silvestre, en la que se observa diversidad en color y tamaño de vainas y grano, características propias de una población sin aislamiento, la que también presentó una alta infestación de picudo del ejote, principalmente *A. aurichalceum*.

En el estado numerosas instituciones nacionales y extranjeras han colectado especímenes de herbario y muestras de semilla de especies de este género, incluyendo las aquí reportadas y muchas otras (Martínez, 1995; Freytag y Debouck, 2002; López *et al*., 2005), sin embargo, un cuello de botella que ha detenido el estudio de las diversas especies es la falta de semillas suficientes y la limitada cantidad de estudios para la caracterización de especies debido a la falta de apoyo económico. La importancia de estudiar los recursos genéticos de las especies de frijoles silvestres radica en la necesidad de disponer de nuevas fuentes de genes para el mejoramiento del frijol común y demás especies cultivadas. Actualmente, ante los problemas recurrentes que ha acarreado el cambio climático, como la sequía y el incremento en las temperaturas en algunas regiones productoras del estado y del país, los materiales silvestres adaptados a esas condiciones son de gran valor como fuente de genes valiosos para la producción agrícola, pero deben incrementarse y sistematizarse los esfuerzos de colecta para poder ser utilizados efectivamente.

Cuadro 1. Número de colectas de frijol silvestre del género *Phaseolus* realizadas en el periodo del 2003 al 2007 en Guanajuato.

Núm	Especie	Municipio
4	*P. acutifolius*	Irapuato, Yuriria, Valle de Santiago
15	*P. microcarpus*	Apaseo el Alto, Irapuato, Tarimoro, Celaya, Valle de Santiago, Salamanca, Silao, Manuel Doblado, Tarimoro, Comonfort, Yururia
5	*P. leptostachyus*	Apaseo el Alto, Celaya, Manuel Doblado, Silao, Tarimoro
10	*P. vulgaris*	Apaseo el Alto, Pénjamo, Valle de Santiago, Celaya
2	*P. maculatus*	Celaya, Manuel Doblado
4	*P. coccineus*	Manuel Doblado, San Miguel de Allende, Valle de Santiago
1	*P. micranthus*	Dolores Hidalgo



Figura 1. Vainas y semillas de una población silvestre de *Phaseolus coccineus* de las partes altas del sur de Guanajuato (fotografía de Jorge Alberto Acosta).

Amenazas y consideraciones finales

Las leguminosas anuales y perennes arbustivas, entre las que destacan las especies del género *Phaseolus* han sido seriamente afectadas por el impulso histórico a la explotación de ganado caprino, del que Guanajuato ocupa el tercer lugar como productor en el país (González *et al.*, 2007). Entre otros sistemas de producción, el ganado caprino se maneja indiscriminadamente en potreros serranos causando un gran daño a la flora nativa, particularmente a las leguminosas anuales y perennes arbustivas, entre ellas las especies del genero *Phaseolus*. Por otra parte, el acelerado crecimiento de las áreas urbanas también está afectando a las poblaciones de frijol silvestre, como es el caso de una pequeña población de *P. microcarpus*, colectada en un callejón en la ciudad de Celaya; situación similar se observó en Valle de Santiago donde se colectó una población de *P. vulgaris* intermedio o enmalezado, conocido como "frijol coyote", en un lote baldío. En este y otros municipios del surponiente del estado este frijol es semiexplotado en las milpas de maíz localizadas en los lomeríos, en donde se permite su crecimiento en bordos que separan terrazas y se cosecha para su consumo inmediato. En algunos casos los agricultores permiten el desarrollo del frijol coyote dentro de la milpa con maíz, de donde es fácil colectarlo, pero no es permitido en siembras asociadas de maíz-frijol o de frijol solo. Este tipo de frijol es producto del flujo genético que ocurre del frijol domesticado hacia el silvestre y viceversa (Papa y Gepts, 2003), y los campesinos, a través de sus actividades agrícolas, podrían estar influenciando la magnitud y características de ese flujo (Payro de la Cruz *et al.*, 2005).

En todas las regiones fisiográficas del estado se han observado especies silvestres del género *Phaseolus*, sin embargo, la distribución específica no es aleatoria, se acopla a patrones climáticos, de tal manera que de la región del Bajío hacia el sur, *P. vulgaris* silvestre y enmalezado es abundante por debajo de los 2 000 msnm, mientras que especies como las del grupo *P. coccineus* ocupan un rango altitudinal mayor (>2 200 msnm), y *P. microcarpus* y *P. acutifolius* en las áreas más secas y calientes dentro y aledañas a la región del Bajío. Otras especies,

como *P. micranthus* muestran una distribución muy restringida. Es urgente completar la exploración y recolección sistemática de germoplasma del género *Phaseolus* en el estado para evitar la erosión genética y la desaparición, e iniciar su caracterización que permita aprovecharlo en el mediano plazo.

Literatura citada

Brush, S.B. 2000. *Genes in the Field. On-Farm Conservation of Crop Diversity*. Rome, Italy. International Plant Genetic Resources Institute, and International Development Research Centre.

Delgado-Salinas, A.O. 1985. *Systematics of the genus Phaseolus (Leguminoseae) in North and Central America*, Ph. D. Thesis University of Texas-Austin.

Freytag, F.G. y D.G. Debouck. 2002. *Taxonomy, Distribution and Ecology of the Genus Phaseolus (Leguminosae-Papilionoideae) en North America, Mexico and Central America* (series SIDA). EUA, Botanical Research Institute of Texas.

González, O.A., A. Espinosa G., y A. Luna E. 2007. *Casos exitosos GAVATT Guanajuato* 2006. México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato.

Kwak, M., J.A. Kami y P. Gepts. 2009. "The putative Mesoamerican domestication center of *Phaseolus vulgaris* is located in the Lerma-Santiago basin of Mexico", *Crop Science* **49**: 554-563.

López, S.J.L., J.A. Ruiz, J.J. Sánchez *et al.* 2005. "Adaptación climática de 25 especies de frijol silvestre (*Phaseolus* spp.) en la República Mexicana", *Revista Fitotecnia Mexicana* **28**: 221-230.

Martínez, A.J.V. 1995. *Fitogeografía de los taxones silvestres de Phaseolus en México y Guatemala*, tesis de maestría en Ciencias. México, Colegio de Postgraduados.

Nabhan, G.P., J.W. Berry y C.B. Weber. 1980. "Wild beans of the greater southwest: *Phaseolus metcalfei* and *P. ritensis*", *Economic Botany* **34**: 68-85.

Papa, R. y P. Gepts. 2003. "Asymmetry of gene flow and differential geographical structure of molecular diversity in wild and domesticated common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) from Mesoamerica", *Theor. Appl. Genet.* **71**: 478-480.

Payro de la Cruz, E., P. Gepts, P. Colunga Garciamarin *et al.* 2005. "Spatial distribution of genetic diversity in wild populations of *Phaseolus vulgaris* L. from Guanajuato and Michoacan, Mexico", *Genetic Resources and Crop Evolution* **52**: 589-599.

ESTUDIO DE CASO

LOS ESTUDIOS DE DIVERSIDAD GENÉTICA DE PLANTAS ACUÁTICAS COMO HERRAMIENTA PARA LA CONSERVACIÓN DE HUMEDALES EN GUANAJUATO



Mahinda Martínez | Fabiola Magallán Hernández | Yolanda Pantoja Hernández

Introducción

Los humedales son ecosistemas que se caracterizan por la presencia de suelos saturados de agua, por presentar vegetación hidrófila y fauna adaptada a ambientes acuáticos. Proporcionan gran cantidad de funciones y servicios ambientales, entre los que destacan la captación, almacenaje y liberación de agua, la reducción de daños por inundaciones, son reguladores microclimáticos y regionales, infiltran y recargan los mantos freáticos y mantienen la biodiversidad de flora y fauna (Cervantes, 2007). En México existe una alta diversidad de humedales que se diferencian entre sí por sus factores hidrológicos, geomorfológicos y biológicos (Olmsted, 1993).

De manera específica, en el estado de Guanajuato también existen diferentes tipos de humedales, quizá uno de los más conocidos y estudiados es la laguna de Yuriria, la cual fue incluida como sitio Ramsar en el 2004 (los sitios Ramsar son humedales que por sus características ecológicas, botánicas, zoológicas, limnológicas o hidrológicas son considerados con importancia internacional para su conservación y uso racional) (Frazier, 1999). Además de la laguna de Yuriria, existen otro tipo de humedales, los cuales son temporales y no habían sido descritos con anterioridad para la entidad.

Características de los humedales temporales de Guanajuato

Estos humedales se distribuyen principalmente en la zona del Eje Volcánico Transversal y se forman en depresiones poco profundas de suelos impermeables que se llenan únicamente por agua de lluvia, sin entradas de agua por drenaje de ríos o arroyos, por lo que se pueden considerar como ecosistemas aislados. Presentan una estacionalidad marcada, con un periodo de inundación de seis a ocho meses y uno de sequía de cuatro a seis meses; el periodo de inundación es cuando la temperatura es ideal para el crecimiento de las plantas, mientras el nivel de agua disminuye hasta secarse completamente entre diciembre y marzo, dependiendo de la precipitación anual (Magallán, 2004), características que los hacen muy parecidos a los "vernal pools" de California (Keeley y Zedler, 1998). Una de sus peculiaridades más sobresalientes es que se distribuyen a manera de islas dentro de un ambiente terrestre, por lo que pueden servir como laboratorios para el estudio de genética de poblaciones, evolución y biología de la conservación (Elam, 1998). También se ha encontrado que presentan alta diversidad florística y contienen especies de plantas acuáticas únicas de estos ambientes o endémicas de México, algunas consideradas en peligro de extinción, tales como *Eriocaulon bilobatum, Sagittaria demersa, S. macrophyla, Nymphaea gracilis y Utricularia perversa*, entre otras (Novelo, 2000). Se trata de ecosistemas altamente amenazados debido a las actividades humanas, quizás el principal problema se deba a que se ubican en terrenos propicios para la urbanización, por lo que es común observar construcciones en zonas donde existían humedales de este tipo. El uso constante de los humedales para abrevar y pastar al ganado es también un factor de alteración, pues compactan el suelo y rompen las estructuras de perennación de las plantas, tales como semillas, frutos, turiones y tallos modificados (rizomas y estolones) (Sánchez, 2001).

Martínez y Díaz, M., F. Magallán Hernández y Y. Pantoja Hernández. 2012. "Los estudios de diversidad genética de plantas acuáticas como herramienta para la conservación de humedales en Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 354-358.

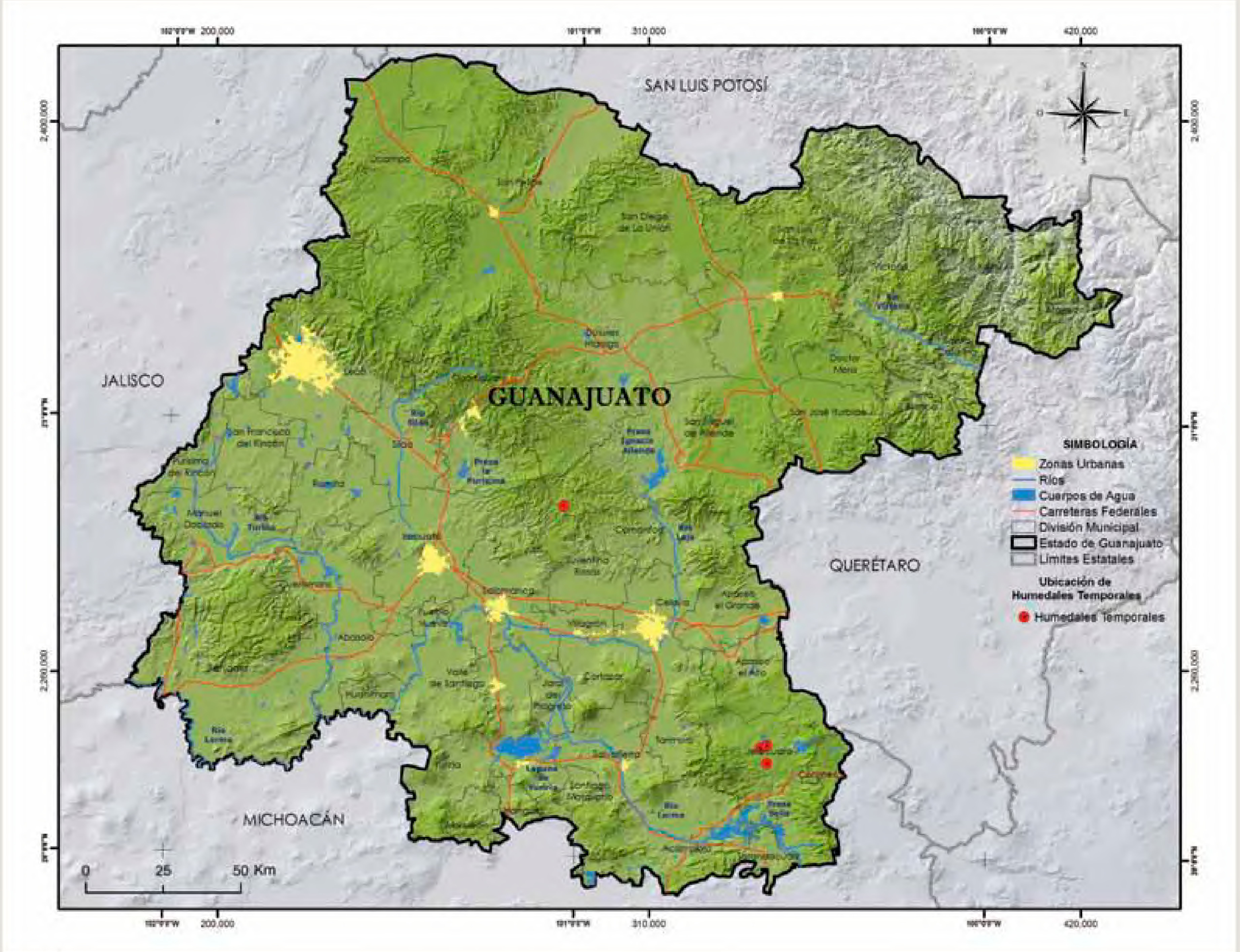


Figura 1. Ubicación de sitios de muestreo en algunos humedales temporales del estado.

Ubicación de algunos de los humedales temporales de Guanajuato

Se ha observado la presencia de este tipo de humedales, sobre todo a orillas de las carreteras, distribuidos en las zonas con suelos impermeables. Se tienen datos de ubicación precisa para cuatro de éstos (figura 1).

1. En el poblado El Porvenir, Jerécuaro. Aproximadamente en el km 25 de la carretera Apaseo El Alto-Querétaro, por la desviación al Porvenir y El Gato, a 20º 13' 07" N y 100º 31' 53" O y 2475 msnm. El área se encuentra entre cultivos, cerca de un camino de terracería.

2. En la desviación a El Fresno, Jerécuaro. En el km 26, 2 km al suroeste del poblado, a 20º 15' 36" N y 100º 31' 52" O, 2 475 msnm. El cuerpo de agua se encuentra entre la orilla de la carretera y un campo de cultivo.

3. En la localidad de San Ignacio, Jerécuaro. Aproximadamente a 1 km al noroeste del poblado, a 20º 15' 14" N y 100º 32' 51" O, 2 475 msnm. Se encuentra a la orilla de la carretera, cerca de un campo de cultivo.

4. En el municipio de San Miguel de Allende. En el km 48.5 de la carretera Juventino Rosas-Guanajuato, a 20° 48' 23.5" N, 101° 02' 04" O y 2 326 msnm. Humedal temporal ubicado a la orilla de la carretera.

Estudios de diversidad genética como herramientas para la conservación

Los análisis genéticos de especies seleccionadas constituyen una herramienta para su conservación. La genética de la conservación es una disciplina relativamente reciente en la que se integran la genética de poblaciones y la biología de la conservación (Rocha y Gasca, 2007). Usando la teoría de la genética de poblaciones es posible identificar poblaciones con alta o baja diversidad genética, también es posible reconocer las fuerzas evolutivas que están determinando su diversidad genética, tales como endogamia (cruza entre individuos emparentados), flujo génico (migración de genes por polen, semillas y plantas de una población a otra), deriva génica (pérdida de genes en una población pequeña, debido a efectos aleatorios), selección natural (reproducción diferencial de unas variantes respecto de otras), entre otras, conocimientos que se consideran importantes para cualquier esfuerzo de conservación (Elam, 1998).

Diversidad genética de plantas acuáticas

Se estudió la diversidad genética de tres especies de plantas acuáticas en un humedal temporal del municipio de San Miguel de Allende (figura 1). Se usó la técnica de electroforesis de isoenzimas en gel de almidón. Las especies estudiadas fueron *Eriocaulon bilobatum*, cebollera (*Lilaea scilloides*) y sagitaria (*Sagittaria demersa*), colectándose 40 individuos de cada especie para su análisis. El objetivo del estudio fue determinar su diversidad genética intrapoblacional, conocer sus índices de endogamia y tener bases para propuestas de conservación.

Especies de estudio

Eriocaulon bilobatum (Eriocaulaceae) se distribuye de manera discontinua desde el norte de México hasta Guatemala, tiene forma de vida enraizada emergente y mide hasta 15 cm de largo incluyendo la inflorescencia (Calderón, 1996). Es una especie rara y amenazada ya que sus hábitats han sido alterados por la actividad humana. Localmente puede ser abundante y se reproduce tanto sexual como asexualmente por medio de rizomas, es polinizada por insectos.

Lilaea scilloides (Juncaginaceae) se distribuye desde Canadá hasta Argentina (Lot *et al.*, 1999; Novelo y Lot, 2001) y tiene forma de vida enraizada emergente. Es una especie muy interesante desde el punto de vista evolutivo, ya que se considera que ocupa una posición clave en la evolución floral de las monocotiledóneas (Posluszny *et al.*, 1986). Se registra con polinización por viento y dispersión por medio de agua y aves (Cook, 1988; Lot *et al.*, 1999).

Sagittaria demersa (Alismataceae) es la única especie dentro de su género que presenta forma de vida enraizada sumergida y también se diferencia del resto de las sagitarias debido a que sus inflorescencias son flotantes (Haynes y Holm-Nielsen, 1993; Lot *et al.*, 2002). Es considerada rara debido a su distribución restringida, aunque localmente es abundante (Lot *et al.*, 1999). Se reproduce tanto

sexual como asexualmente por medio de rizomas. Su polinización es por insectos.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se muestran los índices de diversidad genética intrapoblacional para las tres especies de estudio, así como los niveles de endogamia dentro de la población.

Los resultados muestran que para las tres especies Ae fue menor que A, lo cual indica la presencia de alelos raros, esto significa que las especies analizadas en el humedal de San Miguel de Allende contienen información genética que quizá no contengan otras poblaciones. En cuanto a los niveles de diversidad genética (P, Ho y He) se observa que *E. bilobatum* y *S. demersa* tienen alta diversidad genética en relación con especies de características biológicas similares. *Lilaea scilloides* tiene niveles de diversidad genética similares a los de especies con características parecidas, lo que quiere decir que en el humedal estudiado dos de las tres especies analizadas presentan una alta diversidad genética. Las tres especies presentan altos valores de endogamia (F), lo cual sin duda está relacionado con sus sistemas de apareamiento. Sin embargo, la alta endogamia también puede ser el resultado de la falta de flujo génico (transporte de polen, semillas, frutos y propágulos clonales) entre poblaciones (Elam, 1998), la cual puede deberse a que no existen ecosistemas similares cercanos al del estudio ya sea de manera natural o por la desaparición de estos ecosistemas por influencia humana. Con base en estos estudios es posible inferir que el humedal temporal de San Miguel de Allende se encuentra en un adecuado estado de conservación dados los niveles de diversidad genética observados para las tres especies, además de contener información genética que es probable que no se presente en otros humedales. Sin embargo, quizá el principal problema sea la falta de flujo génico, ya que el transporte de genes entre poblaciones frecuentemente se considera benéfico para esfuerzos de conservación (Elam, 1998).

Perspectivas

Se destaca la presencia de humedales temporales para Guanajuato, los cuales son ecosistemas poco comunes y que no habían sido descritos para el estado. El principal problema por el que atraviesan estos ecosistemas es su extinción acelerada ya que se encuentran en zonas con poca pendiente, además de que también resultan atractivas para urbanizar. Los esfuerzos para la conservación de estos ecosistemas se deberán enfocar, en primer término, en llevar a cabo estudios que generen información de su ubicación y estado de conservación en la entidad. También será necesario dar a conocer a los tomadores de decisiones en materia ambiental la importancia de estos ecosistemas ya que no sólo cumplen con funciones ecológicas muy importantes, como es el de captación y almacenaje de agua, sino que contienen una alta diversidad florística, genética y especies que se consideran raras o en peligro de extinción. Los estudios de diversidad genética en este tipo de ecosistemas constituyen una herramienta importante para la conservación de los mismos.

Cuadro 1. Parámetros de diversidad genética intrapoblacional e índice de endogamia.

Especie	N	A	Ae	P	Ho	He	F
E. bilobatum	37.5 (0.9)	2.86 (0.3)	1.37 (0.2)	85.7	0.138 (0.035)	0.239 (0.043)	0.423
L. scilloides	35.9 (1.8)	2.00 (0.3)	1.24 (0.2)	50.0	0.069 (0.029)	0.148 (0.047)	0.533
S. demersa	38.8 (0.4)	2.82 (0.4)	1.59 (0.1)	100.0	0.205 (0.046)	0.365 (0.029)	0.438

N = tamaño de la muestra, A = número de alelos por locus, Ae = número efectivo de alelos por locus, P = porcentaje de loci polimórficos, Ho = heterocigosidad observada y He = heterocigosidad esperada. Los errores estándar están entre paréntesis, F = índice de endogamia.

9 Capítulo

Literatura citada

Calderón, G. 1996. Familia Eriocaulaceae. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 46, Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío. Michoacán, México.

Cervantes, M. 2007. "Conceptos fundamentales sobre los ecosistemas acuáticos y su estado en México", en O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters *et al.* (eds.), *Perspectivas sobre la conservación de ecosistemas acuáticos en México*. México, Instituto Nacional de Ecología (INE), pp. 37-67.

Cook, C. 1988. "Wind pollination in aquatic angiosperms", *Annals of the Missouri Botanical Garden* **75**: 768-777.

Elam, D. 1998. Population genetics of vernal pool plants: Theory, data and conservation implications, en C. Witham, E. Bauder, D. Belk *et al.* (eds.), *Ecology, conservation and management of vernal pool ecosystems*. Sacramento, CA., California Native Plants Society, pp. 180-189.

Frazier, S. 1999. *Visión general de los sitios Ramsar*. Wetlands international.

Haynes, R. y Holm-Nielsen. 1993. "Alismataceae, Potamogetonaceae y Rupiaceae", en R. Mc Vaugh (ed.), *Flora Novo Galiciana*, t. 13, pp. 7-20.

Keeley, J. y P. Zedler 1998. Characterizaction and global distribution of vernal pools, en C. Witham, E. Bauder, D. Belk *et al.* (eds.), *Ecology, conservation and management of Vernal Pool Ecosystems*, California Native Plants Society. Sacramento, CA. pp.1-14.

Lot, A., A. Novelo, M. Olvera *et al.* 1999. *Catálogo de angiospermas acuáticas de México. Hidrófitas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes*, cuaderno núm. 33, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

———, F. Ramos y P. Ramírez-García. 2002. "*Sagittaria demersa* (Alismataceae) en la Sierra Tarahumara, México", *Anales del Instituto de Biología*, UNAM, *serie Botánica* **73**: 95-97.

Magallán, F. 2004. *Diversidad genética de plantas acuáticas en los charcos temporales de Amealco y Huimilpan*, Querétaro, tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).

Novelo, A. 2000. *Informe final del proyecto S133. Inventario de la vegetación acuática vascular de cuatro regiones hidrológicas prioritarias del centro de México*. México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

——— y A. Lot. 2001. "Lilaeaceae", en G. Calderón y J. Rzedowski (eds.), *Flora fanerogámica del Valle de México*. México, Instituto de Ecología, A.C.

Olmsted, I. 1993. "Wetlands of Mexico", en D.F. Whigham, D. Dykyjová y S. Hejný (eds.), *Wetlands of the World*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands pp. 637-677.

Posluszny, U., W. Charlton y D. Jain. 1986. "Morphology and development of the reproductive shoots of *Lilaea scilloides* (Poir.) Hauman (Alismatidae)", *Botanical Journal of the Linnean Society* **92**: 323-342.

Rocha, M. y J. Gasca. 2007. "Ecología molecular de la conservación", en L. Eguiarte, V. Souza y X. Aguirre (eds.), *Ecología Molecular*. México, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat)/ Instituto Nacional de Ecología (INE)/UNAM/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Sánchez, G. 2001. *Identificación de estructuras de perenación de plantas acuáticas vasculares en un charco temporal de Huimilpan*. Querétaro, México, tesis de licenciatura, UAQ.

SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL CONOCIMIENTO AGRONÓMICO Y BIOQUÍMICO DE LAS RAZAS DE MAÍZ DE GUANAJUATO



María de Lourdes García Leaños | José Alfonso Aguirre Gómez

Dado que México es centro de origen del maíz y, por ende, tiene mayor diversidad del grano (Wellhausen *et al.*, 1951; Ortega, 2003), en 2002, con el afán de conocer y conservar el germoplasma de las distintas razas, se inició el proceso de colecta y conservación de maíces criollos del estado de Guanajuato.

Un grupo de investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se dio a la tarea no sólo de colectarlos, sino también de caracterizarlos tanto agronómica como bioquímicamente con el fin de buscar alternativas que facilitaran su conservación, mejoramiento y utilización.

Esta tarea se realiza con la colaboración del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav), considerando los siguientes aspectos:

- Diseño de una estrategia de conservación de biodiversidad (doctor José Alfonso Aguirre Gómez, INIFAP)
- Caracterización morfo-fenológica (M.C. María de Lourdes García Leaños, INIFAP)
- Caracterización del ADN (doctor José Luis Pons Hernández, INIFAP)
- Caracterización proteómica (doctora Magdalena Segura Nieto, Cinvestav)
- Caracterización de propiedades para nixtamalización (doctora Ma. Griselda Vázquez Carrillo, INIFAP)

Estrategia para la conservación de la biodiversidad de las razas de maíces

En Guanajuato la pérdida de poblaciones de maíz va en aumento (Bellon, 1991). El efecto de factores sociales (migración), económicos (escasas fuentes de empleo), ambientales (escaso y variable periodo de lluvias) y tecnológicos (inadecuados e ineficientes), está propiciando el desánimo y olvido de las razas de maíz por otros satisfactores que los agricultores pueden obtener fácilmente en la comunidad o región (Aguirre *et al.*, 1998; Aguirre *et al.*, 2000). El presente trabajo pretende analizar la situación actual en la que se encuentran las poblaciones de los distintos maíces, además de caracterizarlas mediante diversos factores que permitan revalorar la producción de estos materiales.

Para lograrlo, se consideró una estrategia de fitomejoramiento participativo con el fin de conservar y mejorar la productividad de maíces, facilitar su acceso y distribución, e incrementar la diversidad regional.

Actividades programadas:

1. Colección de 360 muestras de maíz representativas de la diversidad de la entidad (norte, centro-sur y sureste).
2. Evaluación y caracterización de 71 colectas del centro-sur en ocho ambientes de producción.
3. Fitomejoramiento participativo para mejorar la productividad del maíz: a) capacitar a técnicos y agricultores sobre métodos de selección y mejoramiento del maíz; b) asociación genetista-agricultores para mejorar características de sus poblaciones.
4. Flujo e intercambio de semillas promovido por eventos demostrativos en donde los agricultores puedan intercambiar sus semillas bajo modalidad de compra, venta, regalo o préstamo de las poblaciones de su interés.
5. Integración de la información sobre las diferentes razas de maíces de Guanajuato en una base de datos (Aguirre *et al.*, 2008), cuyo objetivo principal sea la de concentrar y hacer más accesible la información con que se cuenta hasta el momento. Esta base servirá de consulta y apoyo a investigadores, industriales, docentes, organizaciones de productores y público en general interesado en conocer la diversidad del maíz en el estado, así como su utilización y conservación. Asimismo servirá como punto

García Leaños, M. L. y J. A. Aguirre Gómez. 2012. "Sistema de información para el conocimiento agronómico y bioquímico de las razas de maíz de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 359-362.

inicial para medir los cambios en la diversidad del maíz a través del tiempo.

Actualmente se cuenta ya con la colecta de las regiones norte y sureste pero aún falta la caracterización.

Acerca de la caracterización morfo-fenológica

La diversidad genética presente en las razas de maíz les confiere mucha plasticidad y una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes, de ahí la importancia de tener bien caracterizados tanto los genotipos como las regiones agroecológicas, para así detectar las que son óptimas para la producción de un genotipo dado.

Los cambios en el rendimiento de un cultivo al ser establecido en distintas localidades son resultado de la interacción genotipo por ambiente, llamándose *estable* a aquel genotipo que presenta cierto parámetro o característica (por ejemplo, alto rendimiento) en el mayor número de ambientes (Vega Urbano, 1992).

En 2002 se evaluaron y caracterizaron los 71 genotipos del sureste para seleccionar aquellos que presentaran mayor estabilidad en cuanto a rendimiento. Para estudiar los parámetros de estabilidad se utilizó el método de regresión, se midió el rendimiento promedio y la dispersión de los datos con respecto a la línea media (Eberhart y Russell, 1966). Con ayuda de la pendiente y el coeficiente de regresión se clasificaron en cuatro grupos: estables, para ambientes favorables, para ambientes desfavorables y eliminados (por datos incompletos). Los genotipos quedaron distribuidos en la siguiente forma: 16 estables, 28 para ambientes favorables, 24 para ambientes desfavorables y tres eliminados.

De éstos, el primer grupo es el de mayor interés para dar inicio a un proceso de mejoramiento genético, mientras que los otros sería conveniente que entrasen a un programa de caracterización agroecológica para definir sitios idóneos de producción y mantenimiento de biodiversidad para lograr su mejor aprovechamiento.

Caracterización bioquímica y proteómica

Con las 71 razas evaluadas se realizó una selección basada en la caracterización anterior, en análisis de frecuencia de genotipos seleccionados por productores, en encuestas y en aspectos sugeridos por genetistas. Así se formó una colección base o núcleo de 20 razas, representativa de la región centro-sur, con la cual se realizaron diversos estudios, destacando el contenido de proteínas y de manera particular los aminoácidos esenciales.

Acerca de la diversidad genética

La base principal para la diversidad genética es el germoplasma, es decir, todo el conjunto de genes de una especie. Por ejemplo, en maíz estarían incluidos los genes que hay en las razas de maíz, los híbridos y variedades, a excepción de los organismos genéticamente modificados.

A las razas seleccionadas se les extrajo el ADN y se procedió con diversos análisis para la construcción de los dendrogramas (gráfica que representa el grado de parentesco entre individuos a través de las características que comparten), los cuales ayudarán a conocer la variabilidad y la detección del flujo genético. Los resultados muestran que existe una similitud de 69 a 79% o una diferencia promedio de 25% entre las 20 colectas.

También se encontró que para algunos casos, existen colectas clasificadas fenotípicamente como razas distintas, pero molecularmente fueron prácticamente lo mismo. Lo anterior denota que al menos están sucediendo dos cosas: por un lado, podemos señalar que colectas de la misma región presentan mayor similitud debido al flujo génico por la vecindad y, por otro lado, comparten características similares como el Ancho y Tablilla de Ocho, caso en el que ambos presentan un reducido número de hileras de grano por mazorca.

Otro aspecto que se encontró es la influencia de algunos materiales introducidos, por ejemplo, la colecta cuatro clasificada como Celaya no se agrupa prácticamente con ningún otro Celaya, esto se debe, posiblemente, a que el productor ha seleccionado inconscientemente un tipo de mazorca o grano parecido a estas razas pero que molecularmente es muy distinto, lo que indica que existe introducción de germoplasma mejorado.

Este análisis preliminar permitirá replantear estrategias para identificar y monitorear en la región la influencia génica de diversos

materiales de maíz que inciden sobre las razas y posteriormente medir los efectos sobre el germoplasma nativo.

Acerca de la caracterización proteómica

Un aspecto importante de los estudios son las propiedades bioquímicas y calidad nutricional de la colección núcleo de las razas de maíces. Entre los análisis realizados está el del contenido de proteína total de la harina entera, que se encuentra en un rango de 8.9 a 11.8% en peso, contenido semejante a los encontrados en los maíces QPM (Quality Protein Maize), los cuales se caracterizan por su doble contenido de aminoácidos esenciales: lisina y triptofano. Con respecto a los aminoácidos esenciales (procesados, según Bidlingmeyer *et al*., 1984), por ejemplo, la concentración de lisina, que es un aminoácido limitante, se encontró en un rango de 1.2 a 3.5% moles comparada con el 4.5% moles de los requerimientos de la FAO para niños de 2-5 años. Existe también una variabilidad importante en la concentración relativa de los grupos de proteínas y en sus patrones proteínicos.

Acerca de la calidad en grano y tortillas de las razas de maíz

Otro aspecto importante son las principales características de calidad de las distintas razas en la nixtamalización y elaboración de tortillas. Para la dureza de las tortillas (DT) y la elongación (ET), las metodologías empleadas fueron las descritas por Salinas y Vázquez (2006). Se determinó la calidad comercial de granos y tortillas de las 20 accesiones de la colección núcleo, donde se incluyeron granos blancos, amarillos, guinda azules y la V322.

A los valores medios de los resultados de la evaluación se les aplicó un análisis discriminante, obteniéndose la agrupación jerárquica correspondiente. De las 20 variables medidas, seis influyeron en 99% de la variabilidad total. Los conjuntos identificados se agruparon de la forma como se describen en el cuadro 1.

Las razas de maíz de la entidad son aptas para la producción de tortillas siguiendo el método tradicional de la masa y la tortilla, destacando las tortillas elaboradas con granos de la raza Elotes Cónicos (incluidos en los grupos IV



Figura 1. Elotes cónicos.

Cuadro 1. Características para nixtamalización y nutrición de las razas de maíz guanajuatense.

	Textura	Color	Fuerza máx. al momento de corte (gf)	Contenido de Triptofano (%)	Contenido de Lisina (%)
G I	suave a intermedia	cremoso	180 a 264	0.074-0.09	0.273-0.334
G II	más suaves que GI	más blancas que GI	212	0.089-0.091	0.357-0.369
G III	más suaves que GII	más blancas que GII	180	0.083-0.091	0.339-0.0369
G IV	suave a muy suave	rojos y azules	187 y 230	0.09-0.099	0.347-0.371
G V	muy suave	rojos	260	0.11	0.327
G VI	muy suave	azules	146	0.416	0.122

y vi) por su buen color y su notable suavidad (figura 1). La heterogeneidad en forma, tamaño, textura, color de sus granos, calidad de la proteína y de las tortillas son una oportunidad para conjugar las características deseables de este grano para su uso industrial, aspectos que deberán ser incorporados al nuevo germoplasma a través del mejoramiento para ampliar la diversidad genética.

Conclusiones

Se pretende que esta base de datos sea de apoyo principalmente a agricultores interesados en darle un valor agregado a su producción, ya que la información que se vaya generando les dará elementos para conocer las características de su maíz que pueden ser explotadas como, por ejemplo, el pigmento o el contenido de proteínas y elementos esenciales, etcétera, que pueden servir de base para lograr un mejor precio y buscar usos alternos. De igual forma, al estar en uso y mejoramiento constante, la conservación de estos genotipos se logrará con mayor facilidad.

Literatura citada

Aguirre, G.J.A., M.R. Bellon y M. Smale. 1998. "A regional analysis of maize biological diversity in Southeastern Guanajuato, México", CIMMYT Economics Working Paper 98-06. México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

———, G.J.A., M.R. Bellon y M. Smale. 2000. "A regional analysis of maize biological diversity in Southeaster Guanajuato, México", *Economic Botany* **54**: 60-72.

———, J.L. Pons y M. Segura. 2008. *Las principales razas de los maíces criollos de El Bajío de Guanajuato. Información agronómica, nutricional, proteómica y molecular*, Guadalajara, Jal. Cinvestav/Prometeo Ediciones.

Bellon, M.R. 1991. "The ethnoecology of Maize variety management: A case study from México", *Human Ecology* **19**: 389-418.

Bidlingmeyer, B.A, S.A Cohen y T.L. Tarvin. 1984. "Rapid analysis of amino acids using precolumn derivatization", *Journal of Chromatography* **336**: 93-104.

Eberhart, S.A. y W.A. Russell. 1966. "Stability parameters for comparing varieties", *Crop Science*. **6**: 36-40.

Ortega, P., 2003. "El maíz como cultivo II. La diversidad del maíz en México", en *Sin maíz no hay país*. México, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas, pp. 123-154.

Salinas, M., Y. y G. Vázquez C. 2006. *Metodologías de análisis de la calidad nixtamalera-tortillera en maíz*. Folleto técnico núm. 4. Chapingo, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Vega Urbano, A. 1992. "Asociación entre el rendimiento promedio, respuesta de producción y estabilidad de la producción en maíz y trigo", *Rev. Fac. Agron*. (Maracay) **18**: 387-396.

Wellhausen, E.J., L.M. Roberts, E. Hernández-Xolocotzi *et al*. 1951. *Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución*. Folleto técnico núm. 5. México, Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), Oficina de Estudios Especiales.

BIODIVERSIDAD DE LOS CAPRINOS

MAURICIO VALENCIA-POSADAS | HUGO MONTALDO VALDENEGRO

Introducción

La importancia de las cabras en México es ilustrada por estadísticas disponibles por algunas instituciones (FAOSTAT, 2007). La población total es de alrededor de 9 millones de cabezas, con una producción de leche de 192 000 toneladas y una de carne de 17 000 toneladas para el año 2006, año en que México ocupó el primer lugar del Continente Americano en cuanto a población de cabras y producción de leche.

En Guanajuato existe una población aproximada de 505 000 cabezas de ganado caprino, ocupando el séptimo lugar nacional para este indicador, mientras la contribución de la entidad a la producción total de leche es de alrededor de 19% (tercer lugar nacional), con aproximadamente 36 500 toneladas para el año 2005 (Sagarpa, 2009). A pesar de que la contribución del estado a la producción total de leche del país es importante, corresponde básicamente a la producción de cabras de razas especializadas o cruzas de éstas. Pese a esto, la mayor parte de la población caprina está conformada por animales "criollos" o cruzas con criollo que se explotan en sistemas de producción basados en el pastoreo. En el estado, aproximadamente 80% de las cabras se explotan en sistemas donde la alimentación se obtiene del pastoreo en agostaderos naturales, bordos y caminos, 15% se explota con sistemas mixtos, es decir, en pastoreo con encierro nocturno y complementación alimenticia vespertina, y 5% se producen en estabulación, con alimentación en pesebre basada en alfalfa y concentrados comerciales. Este estudio pretende dar algunos elementos sobre las características de la biodiversidad de la población caprina del estado de Guanajuato, la cual, aunque es una especie introducida desde hace varios siglos, ha mantenido su importancia económica y social debido a su contribución en la producción de alimentos (carne y leche), sobre todo en numerosos grupos campesinos.

Estructura de las poblaciones de cabras en México

A pesar de la falta de información precisa y actualizada de las características poblacionales de este ganado en México, se considera que la mayoría de las cabras son "criollas", categoría que describe a las cabras de razas españolas introducidas en México durante el periodo de colonización, y sus descendientes cruzados (Mason, 1981; Mellado, 1997; Sagarpa, 2002). En esta categoría se incluyen animales con apariencia de Murciano-Granadino y probablemente con influencia de otras razas como la Blanca Celtibérica (Martínez-Rojero *et al*., 2004).

Otras razas, como Alpina, Saanen, Toggenburg y Nubia, fueron posteriormente introducidas a México desde Europa y Estados Unidos para el mejoramiento de la producción de leche. Las razas Nubia y más recientemente cabras de raza Boer han sido usadas para mejorar las características de crecimiento y producción de carne, principalmente bajo condiciones extensivas de manejo. En el cuadro 1 se muestran fotografías de las distintas razas de cabras que existen en la entidad. Aunque existen pocos rebaños puros de cabras Nubias y Boer, los machos de ambas razas han sido utilizados en cruzamiento con cabras "criollas". Basado en lo anterior, un extensivo proceso de cruzamientos ha sido realizado en la población mexicana y regional de cabras (Montaldo y Meza, 1999). La transformación de las poblaciones originales, por ejemplo para la región central del país, ha propiciado que las cabras "criollas" de un característico color oscuro se modifiquen debido a los cruzamientos con las razas Alpina, Saanen y Toggenburg, observándose mayores rendimientos lecheros. El uso de estrategias de cruzamiento que involucran cabras locales con influencia de la raza Nubia y diversas razas lecheras en el norte de México (La Laguna) ha resultado en una población de cabras

Valencia Posadas, M. y H. H. Montaldo Valdenegro. 2012. "Biodiversidad de los caprinos" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 363-367.

de múltiple origen racial, llamado Mosaico Lagunero (Sagarpa, 2002; Montaldo *et al*., 2010).

El término "criollo" usado en muchas de esas poblaciones de cabras formadas de múltiples razas, puede ser una simplificación (Montaldo y Meza, 1999) para describir el cambio de la naturaleza de la población con el tiempo y sus diferencias regionales en composición de la raza. Por esta razón, algunos autores han usado el término local para denotar esas poblaciones (Montaldo *et al*., 1995). Otros autores coinciden con el término Mosaico para describir esas poblaciones heterogéneas y reconociendo tres poblaciones de múltiples razas en México: norte Mosaico Lagunero, centro Mosaico del Centro y sur Mosaico Mixteco (Sagarpa, 2002).

Como una evidencia de la variabilidad dentro de la especie, en algunas poblaciones de cabras en México, Torres-Vázquez *et al.* (2009), usaron técnicas moleculares con muestras de ADN para estudiar, entre otras cosas, el grado de cruzamiento entre distintas razas para el gen de la caseína, y encontraron para las cabras tipo Granadina una mayor mezcla de razas para esta población local. Es necesario realizar estudios adicionales en los que se incluyan razas especializadas para esclarecer el origen y la estructura genética de las cabras locales mexicanas, usando marcadores genéticos, como los microsatélites (Montaldo y Meza, 1999).

En un estudio realizado en ocho comunidades ejidales del centro del estado y con la finalidad de realizar un diagnóstico de la caprinocultura

Cuadro 1. Razas de cabras que se encuentran en el estado de Guanajuato.

Cabra tipo local de Guanajuato	Rebaño de cabras cruzadas (Mosaico del centro)	Cabra de raza Nubia
Cabras de raza Boer	Lote de cabras Saanen	Lote de cabras Alpinas
	Cabras de raza Toggenburg	

ejidal, Rocha *et al.* (1995) observaron que alrededor de 60% de las cabras eran tipo locales, predominando colores oscuros y similares a las cabras Murciano-Granadinas, 22% de tipo racial Alpina y el 18% restante de tipo racial Saanen. En todos los casos la alimentación de los animales se basó en un sistema de pastoreo extensivo.

Comparación de poblaciones

Los estudios realizados en Guanajuato para la comparación de poblaciones de cabras, se han basado en animales de tipo lechero. Sin embargo, y a pesar de predominar los genotipos lecheros en la entidad, la gran mayoría de productores de cabras se dedican a la producción de carne debido a su alto consumo en la región central de México, principalmente en forma de birria y cabrito. Existen algunos estudios en los que se han caracterizado poblaciones de cabras explotadas en distintos sistemas de producción involucrando diversos grupos raciales. Es importante la variación en las distintas características productivas de importancia económica; al respecto Valencia *et al.* (1995) analizaron los registros de producción de un rebaño de cabras explotadas en sistema de pastoreo, ubicado en el municipio de Dolores Hidalgo. Los animales eran tipo "criollos" y su alimentación era a base de pastoreo de entre cuatro y ocho horas diarias en agostaderos naturales. Se encontró un número de crías por parto de 1.2, en promedio, producciones de leche bajas, de 26 kg, en lactancias de 99 días.

En otro trabajo, Valencia (1992) comparó los niveles de producción de leche de animales de acuerdo a su apariencia externa, en 15 rebaños del estado, criados en sistema de pastoreo, mixto y estabulado, con un total de 1 207 registros. El promedio de producción de leche por lactancia para el sistema de pastoreo fue de 109.5 kg; para el sistema mixto de 241 kg, y para el sistema estabulado de 344.5 kg, respectivamente, observando que las cabras de las razas Saanen, Toggenburg y Alpina tuvieron las mayores producciones de leche con respecto a los otros grupos raciales, en los sistemas mixto y estabulado (cuadro 2). En el mismo estudio, el promedio de la duración de lactancia de las cabras para los sistemas de producción en pastoreo, mixto y estabulado fueron de 170 días, 236 días y 242 días, respectivamente. De este estudio se puede concluir que tanto la producción de leche por lactancia así como la duración de la lactancia, dependen fundamentalmente del sistema de producción (que considera la calidad y disponibilidad del alimento, instalaciones, sanidad del ganado y manejo), y del grupo racial de los animales.

Por otra parte, en la región centro-sur del estado existe una población importante de cabras lecheras, en particular en los municipios de Apaseo el Grande, Celaya y Salamanca, cuyos niveles de tecnificación y producción se encuentran entre los más altos de México. En esa población, Valencia y Montaldo (2006) iniciaron un programa de mejoramiento genético en el año 2000. En este programa se tienen alrededor de 1 500 cabras en control de producción, predominando la raza Saanen (80%). Los niveles de producción de leche, grasa y proteína por lactancia fueron de 1 095 kg, 33.5 kg y 28 kg, respectivamente (Torres-Vázquez *et al.* 2009).

Al igual que en otras partes del país y del mundo, los niveles de producción de leche observados en las cabras de la entidad muestran una

Cuadro 2. Niveles de producción de leche por lactancia en cabras de diferentes tipos raciales de distintos sistemas de producción en Guanajuato.

Sistema de producción	Tipo racial	Producción de leche por lactancia(kg)
Pastoreo	Local	97
	Alpina	115
	Nubia	111
	Saanen	115
Mixto	Local	208
	Alpina	221
	Saanen	267
	Toggenburg	268
Estabulado	Alpina	315
	Nubia	324
	Saanen	349
	Toggenburg	390

Fuente: Tomado de Valencia, 1992.

variación muy amplia, desde 26 kg hasta 1 095 kg por lactancia.

Otros aspectos a considerar en la comparación de grupos raciales son el desempeño reproductivo, la capacidad de supervivencia y la capacidad de producción de carne. Al respecto, Montaldo y Meza (1999) encontraron que las cabras de raza Granadina y Nubia fueron más eficientes para la producción de carne con respecto a las razas lecheras, que mostraron mayor capacidad reproductiva para quedar gestantes a lo largo del año, con menores intervalos entre dos partos (Montaldo *et al.*, 1981) y las menores tasas de mortalidad de crías, del nacimiento a los 90 días de edad (Montaldo *et al.*, 1995), con respecto a las razas Alpina, Saanen y Toggenburg.

Diversos estudios de investigación básica, aplicada y de desarrollo tecnológico se han realizado para profundizar en el conocimiento de la especie caprina, con particular énfasis en el mejoramiento genético de características de importancia económica de esta especie (Valencia *et al.*, 2002; Valencia *et al.*, 2005, Valencia *et al.* 2007; Mellado *et al.*, 2008).

Aunque existen evidencias de una importante biodiversidad entre razas de caprinos del estado y en México, es probable que exista un grado considerable de disminución de la variabilidad genética total, al utilizarse en forma generalizada razas adecuadas para producción de leche en condiciones de estabulación en todos los sistemas de producción del estado. Las poblaciones de cabras locales de la entidad, y del país, representan una fuente alternativa de apoyo a la economía familiar de numerosos grupos campesinos y ganaderos de escasos recursos, quienes crían a sus animales en condiciones precarias y de subsistencia. Por ello, y a pesar de que las cabras fueron introducidas a la entidad hace algunos siglos, es importante conservar los genotipos de cabras existentes, ya que particularmente las cabras locales han mostrado un proceso de adaptación a las condiciones de producción regional. Asimismo se requiere de una mayor precisión y conocimiento sobre el tipo racial de animales que son más convenientes en cada sistema productivo e iniciar programas de caracterización, conservación de los recursos genéticos y de mejoramiento genético, antes de que los genotipos locales sean absorbidos completamente por el uso generalizado de sementales encastados con razas especializadas.

Literatura citada

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization. Agricultural Statistics). 2007. <*http://faostat.fao.org/site/569/Desktop* Default.aspx?PageID=569>

Martínez-Rojero, R.D., G. Torres-Hernández, A.A. Mastache-Lagunas *et al.* 2004. *Caracterización de un rebaño caprino riollo Celtibérico en el trópico seco del estado de Guerrero.* XIX Reunión Nacional sobre Caprinocultura, Asociación Mexicana para la Producción de Caprinos A.C. (AMPCA), Acapulco, Guerrero, Mexico, pp: 232-235.

Mason, I.L. 1981. “Breeds” en C. Gall (ed.), *Goat production*. Londres, Academic Press, pp. 57-110.

Mellado, M. 1997. “La cabra criolla en América Latina”, *Veterinaria México* **28**: 333-351.

———, W. Pittroff, J. Mellado *et al.* 2008. “The relationship between linear type traits and fertility traits in high-yielding dairy goats”, *Reproduction in Domestic Animals* **43**: 599-605.

Montaldo, H., G. Tapia y A. Juárez. 1981. “Algunos factores genéticos y ambientales que influyen sobre la producción de leche y el intervalo entre partos en cabras”, *Téc. Pec. Méx.* **41**: 32-44.

———, A. Juárez, J.M. Berruecos y F. Sánchez. 1995. “Performance of local goats and their backcrosses with several breeds in Mexico”, *Small Ruminant Research* **16**: 97-105.

——— y C.A. Meza. 1999. “Genetic goat resources in Mexico: bio-economical efficiency of local and specialised genotypes”, *Wool Technology and Sheep Breeding* **47**: 184-198.

———, G. Torres-Hernández y M. Valencia-Posadas. 2010. “Goat breeding research in Mexico”, *Small Ruminant Research* **89**: 155-163.

Rocha, S.A.A., J.T. Frías y M. Valencia. 1995. *Diagnóstico de la caprinocultura ejidal en ocho comunidades del centro del estado de Guanajuato.* X Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Zacatecas, pp. 189-191.

Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2002. "Informe sobre la Situación de los Recursos Genéticos Pecuarios en Mexico", *Claridades Agropecuarias* **111**: 1-52.

———. 2009. Centro de Estadística Agropecuaria (CEA), en *http://www.siap.sagarpa.gob.mx*, última consulta marzo 2011.

Torres-Vázquez, J.A., M. Valencia-Posadas, H. Castillo-Juárez y H. Montaldo. 2009. "Genetic and phenotypic parameters for milk yield, milk composition and age at first kidding in Saanen goats from Mexico", *Livestock Science* **126**: 147-153.

Valencia, P.M., 1992. *Factores genéticos y ambientales que influyen sobre la producción de leche en hatos caprinos del Bajío mexicano*, tesis de maestría, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

———, H. Montaldo, A. J. Vidal y M.C. del P. Calvillo. 1995. *Factores que influyen sobre características de la lactancia en dos hatos caprinos en pastoreo del estado de Guanajuato.* X Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Zacatecas, pp. 234-236.

———, L.J. Dobler y A.S.I. Arbiza. 2002. "Sources of environmental variation affecting lactation and preweaning characteristics in Saanen goats", *Cuban Jo. Agric. Sci.* **36**: 117-122.

———, J. Dobler y H. Montaldo. 2005. "Genetic trends for milk yield in a flock of Saanen goats in Mexico", *Small Ruminant Research* **57**: 281-285.

——— y H. Montaldo. 2006. "Genetic evaluation of goats in the state of Guanajuato, Mexico", en: *Proceeding of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production.* Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. *Communication*: 02-06

———, L.J. Dobler y H. Montaldo. 2007. "Genetic and phenotypic parameters for lactation traits in a flock of Saanen goats in Mexico", *Small Ruminant Research* **68**: 318-322.



RESUMEN

Ramón Cecaira Ricoy

Las estrategias utilizadas para la conservación de la biodiversidad en el estado son variadas. Existen los acercamientos puramente teóricos y también algunas aproximaciones prácticas o mixtas (teórico-prácticas). Algunos buscan incidir directamente en la conservación de alguna especie o recurso (conservación *in situ* y *ex situ*), mientras que otros buscan intervenir de manera indirecta, mediante la educación y la concientización que buscan el cambio en los hábitos de consumo o utilización de los recursos naturales o la modificación de alguna práctica social, cultural o económica que es perjudicial con el medio ambiente. En el ámbito de la administración tanto pública, como privada, los sistemas de gestión ambiental buscan generar impactos positivos en el medio ambiente.

El estado de Guanajuato estableció desde 1997 un Sistema de Áreas Naturales Protegidas, con el objeto de conformar un conjunto de espacios naturales o seminaturales, representativos de la biodiversidad y sus ecosistemas, que contribuyan al logro de determinados objetivos de conservación y desarrollo. Este sistema cuenta en la actualidad con 22 áreas protegidas (AP) decretadas en el ámbito estatal y una con categoría federal, lo que constituye el 19.06 % del territorio del estado bajo protección.

Las AP deben contar con un programa de manejo que constituye el instrumento rector que define lineamientos y actividades a desarrollar para lograr los objetivos de conservación; la actualización periódica de los mismos pretende contribuir a identificar nuevas prioridades, así como a evaluar y mejorar su gestión.

En este sentido, se presenta además un estudio de caso sobre las prioridades de conservación para el estado basados en un análisis de la presencia y distribución de mamíferos silvestres, a través de la generación de modelos de nicho, y su comparación con los instrumentos de conservación decretados.

Dentro de este Sistema de Áreas Naturales Protegidas, se incluyen regiones importantes desde el punto de vista florístico, como el caso de la Sierra de Santa Rosa, que conserva cerca del 50% de su cobertura vegetal natural principalmente formado por diversas comunidades de encinos. En este capítulo se presentan propuestas para la protección y conservación de los recursos forestales, que permitan realizar un uso sustentable de los mismos.

Un factor fundamental para el sostenimiento de la vida en ambientes terrestres es el suelo, por lo que su estudio y su conservación resultan imperantes. Guanajuato ocupa el cuarto lugar a nivel nacional en cuanto a la superficie bajo algún grado de erosión. En el estado se desarrollan varias estrategias para mitigar y revertir estos procesos como son el modelo agrosilvopastoril o la propuesta surgida de la recuperación de las extensas zonas que cubrían los mezquitales en el Bajío. También se puede mencionar el papel de la identificación y relevancia histórica del ahuehuete en la obtención de información climática, especie presente en uno de los tipos de vegetación mayormente amenazados del estado, los bosques de galería.

Monumentos (fotografía de Cynthia Selene Velásquez J.).

Otras iniciativas como el Arboretum del INIFAP busca promover el manejo sustentable de varios árboles y arbustos nativos del estado, así como formar un banco de germoplasma de estas especies, contando con ejemplares de 122 especies.

La organización de varios pobladores de la Sierra Gorda de Guanajuato dio como resultado la integración del "Grupo ecoturístico el platanal", que por medio de actividades de turismo de naturaleza buscan generar recursos económicos y evitar la contaminación de río Santa María.

La conservación también puede realizarse en condiciones silvestres o en cautiverio bajo manejo intensivo, a través del establecimiento de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), en este sentido se presenta la situación que guardan actualmente en el estado y se realizan propuestas para complementar y coordinar esfuerzos entre los esfuerzos de protección desarrolladas en las AP y la conservación fomentada por las UMA.



LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DEL ESTADO DE GUANAJUATO Y SU IMPORTANCIA EN LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

David Guzmán González

Introducción

La conservación *in situ* o preservación en el sitio se considera una de las mejores estrategias para la protección de la biodiversidad a largo plazo (Bezaury-Creel y Gutiérrez Carbonell, 2009), puesto que mediante la preservación de las comunidades naturales y de sus poblaciones los ambientes naturales mantienen las interacciones ecológicas y la continuidad de los procesos evolutivos, además de que al protegerlas se previene la pérdida de la variabilidad genética (Frankham, 2002; Primack y Massardo, 2001).

Considerando lo anterior, un instrumento fundamental para asegurar la conservación de las comunidades biológicas es el establecimiento de áreas legalmente protegidas, es decir con fundamento establecido en las leyes y sus reglamentos respectivos (Primack *et al*., 2001).

Para contribuir a la conservación del capital natural del estado de Guanajuato, en 1997 el Instituto de Ecología del Estado (iee) estableció el Sistema de Áreas Naturales Protegidas para el Estado de Guanajuato (sanpeg), conforme al decreto gubernativo número 68, en el que se define al sistema como un conjunto de espacios protegidos naturales o seminaturales, de importancia ecológica y social que, relacionados entre sí, contribuyen al logro de la conservación y al desarrollo sustentable de la población y del estado (figura 1).

Así pues, en Guanajuato, un Área Natural Protegida (anp) se define como una zona del territorio estatal en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad humana o que requieren ser preservados y restaurados y están sujetos al régimen previsto en la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato (lppaeg) y su reglamento en materia de Áreas Naturales Protegidas (pogeg, 2000*a*).

La creación y manejo de Áreas Naturales Protegidas tiene como principal objetivo la conservación y preservación del entorno, detener el proceso de sobreexplotación y destrucción de la flora y la fauna, derivados del desarrollo económico y el acelerado crecimiento demográfico de la entidad, persiguiendo en todo momento el beneficio común.

Áreas naturales protegidas federales

El 2 de febrero de 2007 se decretó la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato (rbsgg), la única Área Natural Protegida de competencia federal en el estado. Se ubica al noreste de la entidad, en los municipios de Atarjea, San Luis de la Paz, Santa Catarina, Victoria y Xichú, abarca una superficie de 236 882.76 ha, de las cuales 78 304.63 constituyen la zona núcleo (33%, aproximadamente) y 158 578.13 ha su zona de amortiguamiento (equivalente a 67%, aproximadamente). La protección de la Sierra Gorda de Guanajuato resulta relevante por considerarse como una de las zonas mejor conservadas y de mayor diversidad de la Subprovincia Fisiográfica Sierra Gorda, que alberga diversas especies estimadas en riesgo, y por formar la continuidad ecosistémica de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, de Querétaro y San Luis Potosí (figura 2) (Semarnat, 2007).

Actualmente la rbsgg se encuentra bajo la administración y dirección de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (conanp), con sede en el municipio de San Luis de la Paz, por medio de la cual el gobierno del estado coordina los esfuerzos de conservación y protección. Tal es el caso del programa de manejo y conservación que actualmente se elabora bajo la responsabilidad conjunta de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, la Universidad Autónoma de Querétaro y la Universidad de Guanajuato, lo que sin lugar a dudas será un instrumento que contribuirá a garantizar la conservación de la

Guzmán González, D. 2012. "Las Áreas Naturales Protegidas del estado de Guanajuato y su importancia en la conservación de la biodiversidad " en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 373-388.



Figura 1. Área Natural Protegida Las Musas (fotografía de David Guzmán González).



Figura 2. Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato (fotografía de David Guzmán González).

riqueza biológica y cultural. Los municipios que comprende la RBSGG son zonas con la más alta marginación en el estado, por lo que se debe buscar que todos los sectores y actores involucrados se comprometan a lograr el desarrollo de sus comunidades en armonía con la conservación y protección de la biodiversidad.

Sistema de áreas naturales protegidas del estado de Guanajuato

Los objetivos específicos del SANPEG consisten en coordinar aquellas actividades referentes a la protección, preservación, conservación, restauración y uso sustentable de las ANP de acuerdo a la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato (POGEG, 2000*b*).

Las ANP se pueden constituir dentro de una de las cinco categorías posibles: Reservas de conservación, Áreas de uso sustentable, Áreas de restauración ecológica, Monumentos naturales o Parques ecológicos.

Reserva de conservación

Se establecen en zonas poco alteradas, preferentemente despobladas y mayores a 10 000 ha, con alta diversidad biológica, muestras de ecosistemas y elementos de flora y fauna silvestre representativos o en estatus de protección (POGEG, 2000*c*) (figura 3).

Áreas de uso sustentable

Se proponen en aquellas zonas que comprenden cuencas hidrológicas, recursos forestales o elementos de flora y fauna silvestre en las que existan desarrollos agropecuarios, potencial recreativo y poblaciones rurales, pero que aún conservan rasgos y funciones de importancia ecológica. Tienen como objetivo producir bienes y servicios que respondan a las necesidades económicas, sociales y culturales (POGEG, 2000*c*) (figura 4).

Áreas de restauración ecológica

Corresponde a aquellas zonas que contenían ecosistemas cuyos procesos ecológicos eran importantes y que, debido a las actividades antropogénicas, han visto disminuidas o eliminadas estas características, pero que pueden ser recuperadas (POGEG, 2000*c*) (figuras 5 y 6).

Monumentos naturales

Son zonas que contienen rasgos naturales considerados sobresalientes a escala estatal y que merecen protección debido a su carácter único

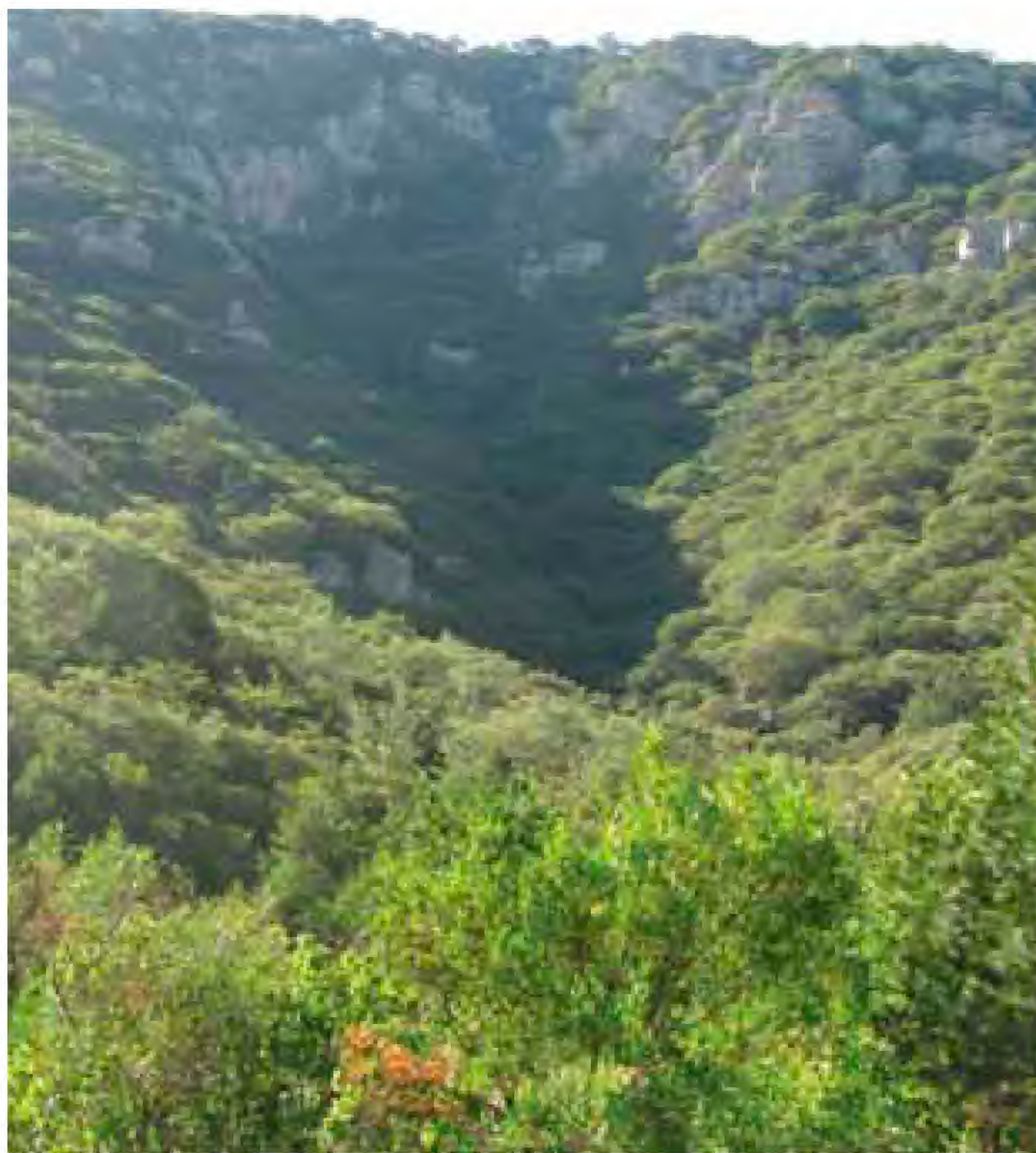


Figura 3. Área Natural Protegida Pinal del Zamorano (fotografía de David Guzmán González).



Figura 4. Área Natural Protegida en la categoría de Uso Sustentable Peña Alta (fotografía de David Guzmán González).

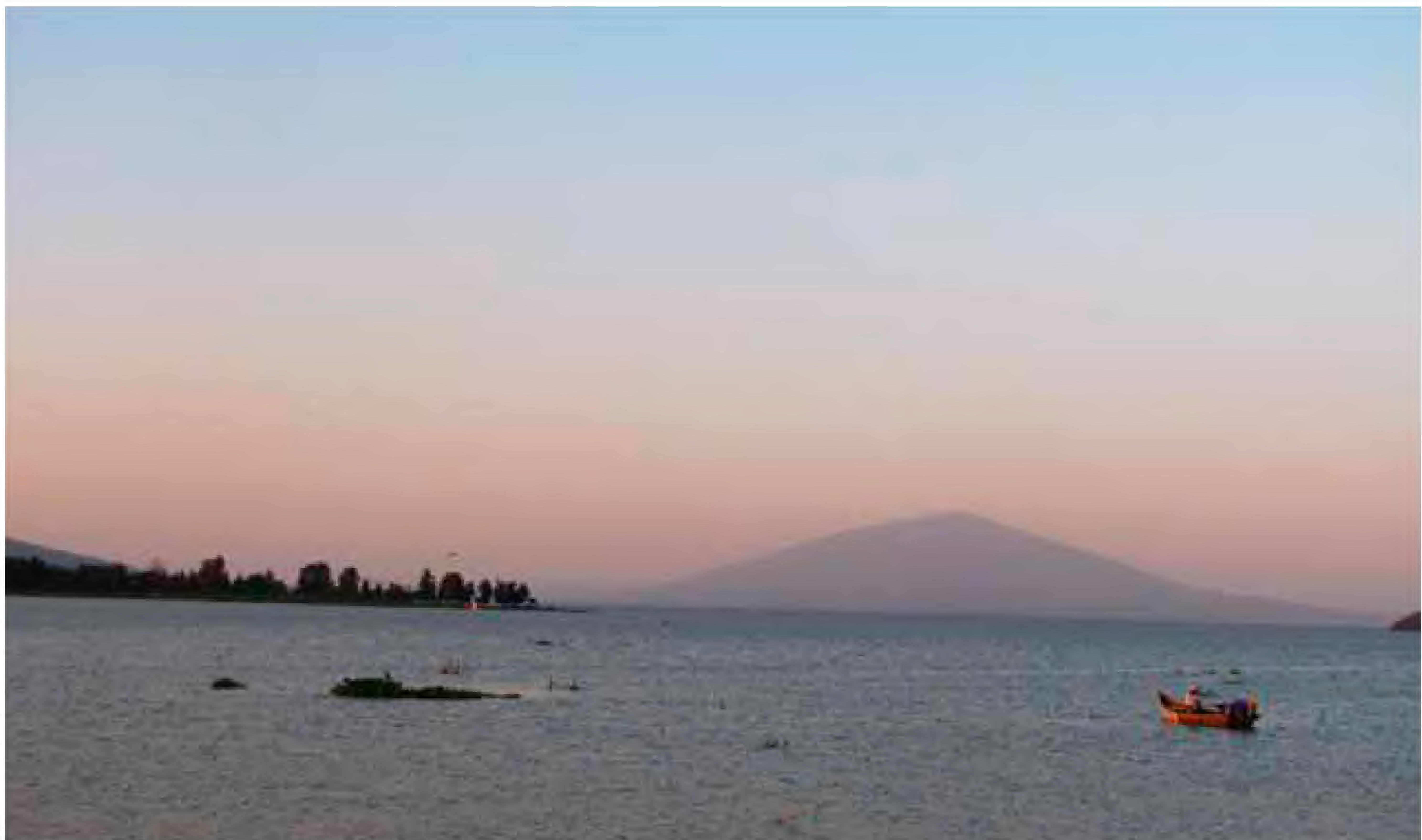


Figura 5. Área Natural Protegida en la categoría de Restauración Ecológica, laguna de Yuriria (fotografía de David Guzmán González).



Figura 6. Área Natural Protegida en la categoría de Restauración Ecológica, cuenca de la Soledad (fotografía de David Guzmán González).



Figura 7. Área Natural Protegida en la categoría de Monumento Natural, Siete Luminarias (fotografía de David Guzmán González).

o por estar en una situación crítica que pueda llevarlos a la desaparición. Pueden estar asociados con elementos de importancia arqueológica o de cultura local (POGEG, 2000c) (figura 7).

Parque ecológico

Corresponde a aquellos espacios con una superficie mínima de 25 ha que contienen elementos naturales, de fácil acceso desde y dentro de los centros de población y con potencial para uso recreativo y educación ambiental. Tienen como objetivo brindar oportunidades de recreo o esparcimiento en espacios naturales e instalaciones artificiales que contribuyan a la formación de una cultura ambiental, a detener la degradación de los recursos del área y a mantener la calidad del paisaje (POGEG, 2000c) (figura 8).

A 15 años de su creación, el SANPEG cuenta con 22 Áreas Naturales Protegidas (ANP), por decreto de carácter estatal, ubicadas en 28 de los 46 municipios del estado las que, en conjunto, suman 346 505.39 ha, que constituyen 11.32%

Cuadro 1. Integración del Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Guanajuato.

Categoría	Núm. ANP	Superficie (ha)	%
Reservas de Conservación	2	15 695.20	4.53
Áreas de Uso Sustentable	10	287 699.45	83.03
Áreas de Restauración Ecológica	5	32 228.14	9.3
Monumentos Naturales	1	8 928.50	2.58
Parques Ecológicos	4	1 954.10	0.56
Total	**22**	**346 505.39**	**100.00**



Figura 8. Área Natural Protegida Las Fuentes en la categoría de Parques Ecológicos (fotografía de David Guzmán González).

Cuadro 2. ANP de Guanajuato.

Núm.	Denominación del Área Natural Protegida	Superficie (ha)	Municipios	Categoría	Fecha de publicación (Periódico Oficial)	
					Declaratoria	Programa de manejo
1	Cuenca de la Espe-ranza	1 832.65	Guanajuato	Reserva de Conservación	6/03/98	29/12/98
2	Pinal del Zamorano	13 862.55	San José Iturbide y Tierra Blanca	Reserva de Conservación	6/06/00	18/10/02
3	Sierra de Lobos	104 068.24	León, San Felipe y Ocampo	Área de Uso Sustentable	4/11/97	12/06/98
4	Cuenca Alta del Río Temascatío	17 432.00	Salamanca y Santa Cruz de Juventino Rosas	Área de Uso Sustentable	6/06/00	18/10/02
5	Peña Alta	13 270.17	San Diego de la Unión	Área de Uso Sustentable	6/06/00	10/09/02
6	Las Musas	3 174.76	Manuel Doblado	Área de Uso Sustentable	30/07/02	En Proceso de Publicación
7	Cerros El Culiacán y La Gavia	32 661.53	Celaya, Cortazar, Jaral del Progreso y Salvatierra.	Área de Uso Sustentable	30/07/02	16/01/04
8	Sierra de Los Agus-tinos	19 246.00	Acámbaro, Jerécuaro y Tarimoro	Área de Uso Sustentable	17/09/02	10/12/04
9	Cerro de Los Amoles	6 987.61	Moroleón y Yuriria	Área de Uso Sustentable	7/05/04	25/08/06
10	Cerro de Arandas	5 240.15	Irapuato	Área de Uso Sustentable	25/11/05	02/11/07
11	Presa La Purísima y su zona de influencia	2 728.81	Guanajuato	Área de Uso Sustentable	25/11/05	5/06/07
12	Sierra de Pénjamo	83 314.10	Cuerámaro, Manuel Doblado y Pénjamo	Uso Sustentable	29/05/12	Por elaborar en 2013
13	Presa de Silva y Áreas Aledañas	8 801.39	San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón	Área de Restauración Ecológica	2/12/97	20/11/98
14	Laguna de Yuriria y su zona de influencia	15 020.50	Yuriria y Valle de Santiago	Área de Restauración Ecológica	13/11/01	25/11/05
15	Cerro del Cubilete	3 611.79	Silao y Guanajuato	Área de Restauración Ecológica	18/11/03	22/12/05
16	Cuenca de la Soledad	2 782.01	Guanajuato	Área de Restauración Ecológica	18/08/06	En proceso de publicación
17	Presa de Neutla y su zona de influencia	2 012.45	Comonfort	Área de Restauración Ecológica	15/09/06	24/11/09
18	Región volcánica Siete Luminarias	8 928.50	Valle de Santiago	Monumento Natural	21/11/97	29/12/98
19	Megaparque de la ciudad de Dolores Hidalgo	28.44	Dolores Hidalgo	Parque Ecológico	16/12/97	22/09/00
20	Las Fuentes	109.03	Santa Cruz de Juventino Rosas	Parque Ecológico	26/10/99	11/02/03
21	Parque metropolitano	337.63	León	Parque Ecológico	19/09/00	30/11/01
22	Lago-Cráter La Joya	1 479.00	Yuriria	Parque Ecológico	23/02/01	En proceso de elaboración

del territorio del estado bajo este esquema de protección. En el cuadro 1 se describen las ANP existentes en la entidad para cada una de las categorías y la superficie que comprenden.

Si se considera la superficie de la porción guanajuatense de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, el estado cuenta con Áreas Naturales Protegidas en un total de 33 municipios, con una superficie de 583 388.15 ha, lo que corresponde al 19.06% del territorio estatal. En el cuadro 2, se presenta el nombre de cada una de las 22 ANP con decreto estatal, su superficie, los municipios donde se ubican, la categoría bajo la cual se decretó, la fecha de su declaratoria y publicación del resumen de su programa de manejo en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado.

Declaratoria de las áreas naturales protegidas

La declaración de un ANP involucra un proceso dinámico e interactivo en el que participan la sociedad, autoridades municipales, estatales y federales, quienes organizan talleres de participación ciudadana, encuestas y entrevistas con la finalidad de considerar la opinión de los propietarios, poseedores y habitantes de las ANP sobre su posible decreto. El proceso de declaración de una ANP tiene una duración de entre uno y tres años hasta la publicación del decreto por parte del Poder Ejecutivo del estado, siempre y cuando exista el consenso de la mayoría de las partes.

Para comenzar el proceso es necesario que los habitantes, organizaciones civiles o autoridades municipales expresen su interés al Instituto de Ecología, quien dictamina la viabilidad del decreto de protección. De ser positiva la resolución, se lleva a cabo un estudio previo, mediante el que se pueda justificar y especificar la modalidad de su declaratoria. El estudio comprende información referente al impacto regional para los municipios que abarca, información general del área propuesta y el promovente, un diagnóstico del medio físico, biológico y socioeconómico, así como las propuestas de manejo y categoría. Una vez elaborado el estudio, se somete a un proceso de consulta final a las autoridades municipales, los habitantes y propietarios de la zona para que, en caso de no existir oposición y validar la información del estudio, se proceda a su decreto en el Periódico Oficial del Estado. El estudio busca también la clara delimitación del polígono del ANP propuesta, con el fin de evitar controversias en la ejecución de actividades dentro o fuera del área, además de que la poligonal considere la continuidad de los ecosistemas o tipos de vegetación de la zona, a pesar de presentar un estado de fragmentación.

Durante el año 2009 y 2010 se hizo el estudio previo para determinar la posibilidad de decretar la Sierra de Pénjamo como una nueva ANP de carácter estatal. Esta sierra, ubicada en el suroeste del estado en colindancia con Jalisco y muy cerca de Michoacán, comprende parte de los municipios de Cuerámaro, Manuel Doblado y Pénjamo, y la propuesta considera su valor como proveedora de importantes servicios ecosistémicos, principalmente hidrológicos, además de poseer una superficie de bosque tropical caducifolio y bosque de encino en buen estado de conservación. El estudio también arrojó la necesidad de implementar acciones de restauración y protección de los recursos naturales existentes, así como de atención a las necesidades de los más de 18 000 habitantes que viven en las 206 localidades de la región. De esta forma el polígono propuesto comprende una superficie de 83 314.1 ha la cual fue decretada recientemente el 29 de mayo de 2012 en la categoría de Uso Sustentable.

Además, al momento de elaborar este estudio, se terminó el estudio previo en el municipio de Purísima del Rincón, en la zona conocida como el cerro del Palenque, pues existe evidencia de la presencia de especies representativas como venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), mapache (*Procyon lotor*), zorra (*Urocyon cinereoargenteus*) y cacomixtle (*Bassariscus astutus*), entre otros, que indican un buen estado de conservación, así como una representación importante de poco más del 20% de la fauna que existe a nivel estatal en tan solo una superficie de 2 030.69 ha en el 0.07% del territorio estatal, la presencia de cinco tipos de vegetación, 98 especies de plantas y 217 de fauna, de las cuales tres se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como la provisión de diversos servicios ambientales para los municipios de la región. La zona es compartida con el estado de Jalisco, lo que implicaría un esfuerzo de coordinación interestatal, actualmente se encuentra en proceso

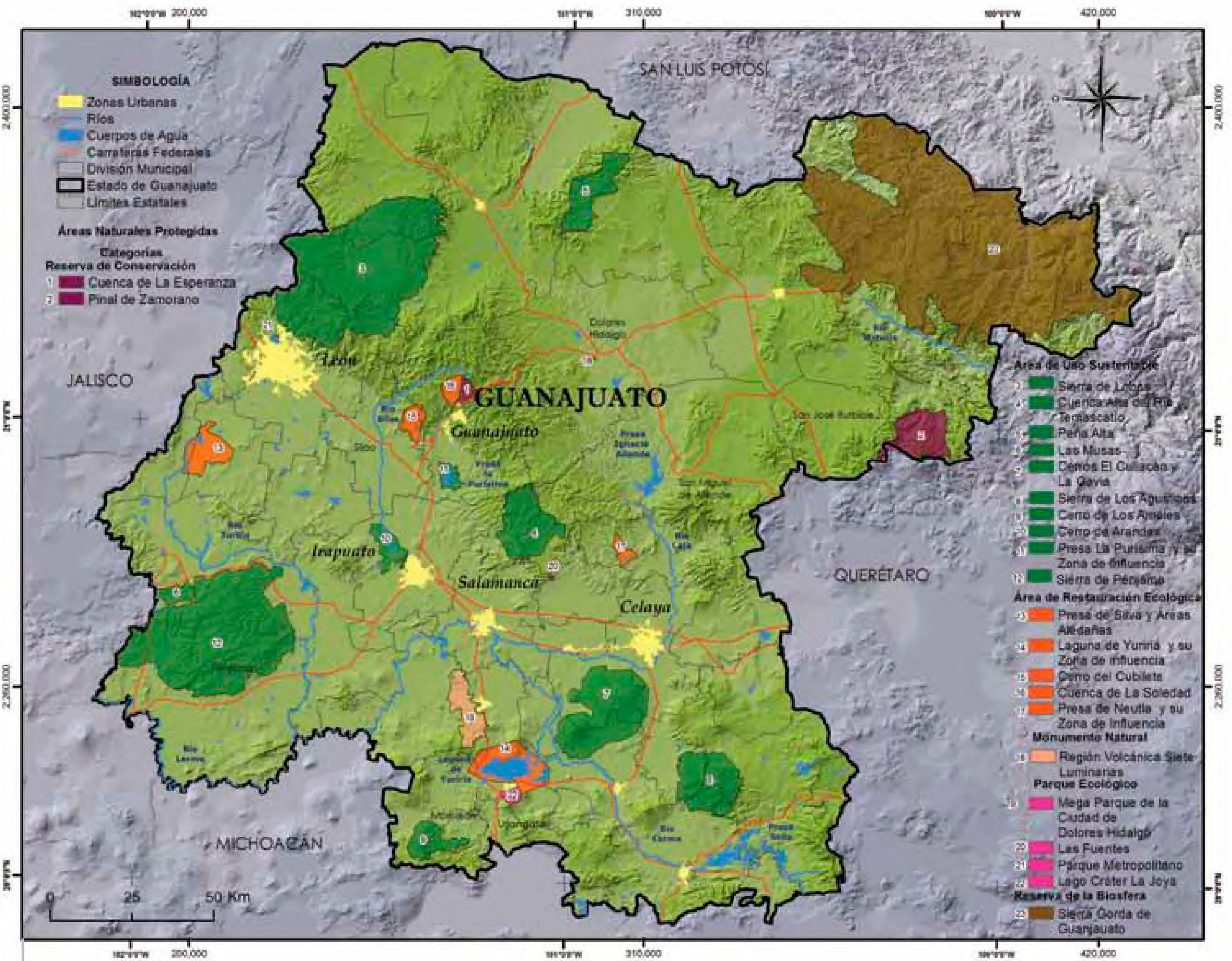


Figura 9. Mapa del Sistema de Áreas Naturales Protegidas del estado de Guanajuato.

de consulta pública como parte de la última fase para determinar su viabilidad de decretarse como al ANP estatal número 23.

Programa de manejo de las áreas naturales protegidas

El programa de manejo se define como el instrumento rector que establece los lineamientos básicos, estrategias y acciones para lograr los objetivos de la protección de un área natural protegida (POGEG, 2002). Esto se logra mediante la zonificación interna del ANP en función de los usos potenciales y actuales del suelo, la vocación natural y el estado de conservación, con el fin de establecer lineamientos claros sobre lo que se permite o no en cada una de las partes, esto con el propósito de lograr su conservación y aprovechamiento sustentable. Las cuatro zonas en las que se puede dividir un área natural protegida en el estado son:

1. Zona de protección. Se consideran aquellas superficies con ecosistemas representativos, frágiles o indispensables para el desarrollo, establecimiento, alimentación y reproducción de poblaciones silvestres de flora y fauna, residentes o migratorias del área, teniendo como fin mantener dichas condiciones (POGEG, 2000*c*). 2. Zona de aprovechamiento sustentable. Son superficies donde los ecosistemas han sufrido alteraciones o modificaciones leves y en los que actualmente se llevan a cabo actividades productivas forestales, agrícolas, ganaderas o mineras. El objetivo de su establecimiento es regular los aprovechamientos para que se realicen de una manera sustentable, no generen impactos significativos al ambiente y generen beneficios para las poblaciones locales (POGEG, 2000*c*). 3. Zona de restauración. Se establecen en las superficies que presenten alteraciones, modificaciones sustanciales o desaparición de los ecosistemas originales debido a su uso intensivo. Tienen como finalidad recuperar las funciones y procesos ecológicos originales y detener el deterioro de los recursos naturales (POGEG, 2000*c*). 4. Zona de uso público. Se pueden establecer en espacios con paisajes y atractivos naturales, en los que ambientalmente sea factible el establecimiento de instalaciones y servicios de apoyo. Tienen por objeto proporcionar recreo, esparcimiento y educación ambiental a la población (POGEG, 2000*c*).

Cabe mencionar que, a pesar de que la categoría de un ANP se define desde su decreto, puede ser cambiada al momento de la publicación de su programa de manejo o la actualización del mismo, pues debe de haber una congruencia entre la dominancia de la zonificación y su categoría. En aquellas ANP donde la zonificación de su programa de manejo indica un alto porcentaje de la zona de protección debe corresponder a una categoría de reserva de conservación; si predomina la zona de aprovechamiento sustentable deberá ser en la categoría de uso sustentable; si es la zona de restauración la que prevalezca, deberá corresponder a una categoría de restauración ecológica, o si la zona de uso público es la más relevante deberá ser un parque ecológico. Lo anterior en apego al resto de características que cada categoría establece pero que, bajo este criterio, pueda tener la congruencia entre la zonificación, su categoría y su manejo.

Actualmente sólo tres ANP estatales no cuentan con programa de manejo publicado, pero se espera poder publicarlos en el segundo semestre de 2012, con lo que el 100% de las ANP contarán con sus respectivos programas. Sin embargo, con la publicación de éstos no se considera como concluido el trabajo de planeación de conservación estatal, ya que, de acuerdo con el artículo 55 del reglamento de la LPPAEG en materia de Áreas Naturales Protegidas, los programas de manejo deben ser actualizados cada cinco años con la finalidad de evaluar su objetividad y proponer posibles modificaciones. En este sentido, a la fecha de publicación de este estudio, 14 ANP requieren la actualización de sus programas de manejo, por lo que desde el año 2009 el Instituto de Ecología ha comenzado con la elaboración de los documentos técnicos que sustenten su actualización, que servirán para redefinir los polígonos de las ANP en función de los cambios en la cobertura vegetal de los últimos años, los usos actuales, su uso potencial y su biodiversidad; para incorporar zonas de vegetación bien conservadas que antes no fueron incluidas; dar claridad a los límites; actualizar la zonificación; y para identificar las acciones más importantes en el corto, mediano y largo plazo, los lineamientos de manejo y las actividades permi-

tidas y no permitidas para cada zona, de acuerdo a las principales oportunidades y amenazas del ANP. Por ello, para el primer semestre del 2012 se deberá publicar la actualización de los programas de manejo de las ANP siguientes: Sierra de Lobos, cuenca Alta del Río Temascatío, Peña Alta, laguna de Yuriria, Sierra de los Agustinos, Presa de Silva, cuenca de la Esperanza, Pinal del Zamorano y región Volcánica Siete Luminarias. Con ello y con la actualización del reglamento en materia de Áreas Naturales Protegidas, el estado de Guanajuato contará con un sistema de ANP actualizado, adecuado a las necesidades, de mayor claridad en sus procedimientos y con mayor participación de todos los actores involucrados en la conservación de su capital natural.

Manejo

Desde su creación, el SANPEG ha trabajado conjuntamente con las comunidades que habitan en las ANP o en zonas aledañas para contribuir a mejorar su calidad de vida, priorizando actividades que favorecen el empleo temporal de los habitantes; ha logrado una participación activa en su conservación y cuidado, así como un cambio de actitud. Las líneas de acción principales son:

Restauración y recuperación ecológica de zonas degradadas

- Obras de conservación de suelo y agua, basadas en el manual de la Comisión Nacional Forestal (Conafor) (figura 10).
- Podas de sanidad de plantas parásitas (muérdago o injerto y paixtle) en bosque de encino, pino y zonas mezquiteras.
- Control integral de lirio acuático (físico, mecánico, biológico y químico), dando prioridad a la extracción mecánica con equipos propios que reducen los costos de extracción, favorecen el empleo de habitantes de las comunidades y reducen los impactos al extraer el lirio del cuerpo de agua y así evitar su hundimiento.
- Reforestación con plantas nativas con fines de recuperación y comerciales (figura 11).
- Introducción de fauna silvestre nativa (a través de programas de la Dirección General de Vida Silvestre de la Semarnat mediante liberación de ejemplares rehabilitados de halcones, aguilillas y búhos).

Protección y Conservación de los Recursos Naturales

- Cercados perimetrales para exclusión de ganado con el fin de propiciar la regeneración natural de los bosques y la protección de plantaciones establecidas de los diferentes programas (figura 12).
- Brechas cortafuego que reduzcan y mitiguen los incendios forestales.

Aprovechamiento sustentable

- Unidades de Manejo Ambiental (UMA) para aprovechamiento de venado cola blanca, orégano, víbora de cascabel, entre otras.

Conocimiento y difusión para la conservación

- Equipamiento de ANP para acciones de protección como brigadas contra incendios, vigilancia, podas sanitarias, entre otros.
- Monitoreo de fauna silvestre (figura 13).
- Monitoreo de la calidad del agua.
- Actualización de inventarios faunísticos y florísticos en ANP.
- Alternativas sustentables de aprovechamiento de lirio acuático (biogás, celulosa, fibras absorbentes) (figura 14*a* y *b*).
- Observación de aves.
- Concursos de fotografía.
- Interpretación de senderos.
- Capacitación ambiental (cursos y talleres).
- Establecimiento de señalética de las características de las ANP (figura 15).
- Establecimiento de letreros informativos sobre las acciones realizadas.
- Emisión de polípticos y pósters de las ANP.
- Página de internet de las ANP.
- Catálogos de aves de las ANP con presencia de aves migratorias y residentes relevantes a escala internacional.

Desarrollo comunitario participativo

- Viveros comunitarios para producción de plantas nativas (figura 16).
- Acondicionamiento y equipamiento de infraestructura ecoturística y recreativa (figura 17).

• Invernaderos para producción de hortalizas.
• Establecimiento de ecotecnias (fogones ahorradores de leña, baños secos, cisternas de captación de agua de lluvia, biodigestores y aprovechamiento de energía solar) (figura 18*a* y *b*).
• Organización de la comunidad o ejido para el desarrollo de proyectos productivos.
• Establecimiento de asociaciones civiles.

Las acciones se llevan a cabo a través de convenios de colaboración con municipios, organizaciones civiles, ejidos o de manera directa entre el Instituto y los beneficiarios. A través de este mecanismo ha sido posible destinar recursos para la protección, restauración y aprovechamiento sustentable de sus recursos naturales, y propiciar la mejora en el bienestar de sus habitantes, el recurso más importante de las ANP, pues sólo trabajando junto con los habitantes se garantiza la conservación de los recursos naturales y los servicios ecosistémicos que ofrecen.

La creación de las ANP a través de decreto expedido por el Ejecutivo del estado y publicado en el periódico oficial del estado, así como programas de manejo, sustentados en lo que establece la LPPAEG y los reglamentos en materia de Áreas Naturales Protegidas, han servido para la regulación de diversas actividades propiciando el uso sustentable y evitando un impacto adverso en la biodiversidad. Sin embargo, aunque a la fecha se cuente con importantes logros, aún falta mucho por hacer, por lo que el trabajo futuro del SANPEG debe dirigirse a trabajar en los puntos que se describen en el cuadro 3.

Áreas naturales protegidas municipales

Existen zonas con ecosistemas o recursos naturales relevantes a escala municipal que no pueden ser decretadas a nivel estatal o federal, por lo que es necesario apoyar a aquellos municipios que consideren trascendente la creación de un Área Natural Protegida de carácter municipal. El apoyo deberá involucrar el fortalecimiento de su normatividad y capacidades institucionales para hacer un buen manejo y garantizar su conservación.

Esfuerzos regionales y nacionales

Además de la consolidación del SANPEG, será vital consolidar los esfuerzos por compartir políticas públicas de conservación de los recursos naturales que sean compatibles y tengan un seguimiento para aquellas zonas que se comparten con los estados vecinos de Jalisco, Michoacán, Querétaro y San Luis Potosí con la finalidad de dar continuidad a la protección de esas ecorregiones, ya que los recursos naturales no reconocen fronteras políticas. Además, se deberá de intensificar la colaboración a nivel nacional que dio inicio con la conformación de una red nacional de sistemas de áreas naturales protegidas estatales, que tiene como objetivo el motivar a los estados en sus esfuerzos para la conformación de esquemas locales de conservación de la biodiversidad y en donde Guanajuato ha sido parte activa.

Conclusiones

La existencia de las ANP de carácter estatal ha sido un buen instrumento para prevenir el deterioro de los recursos naturales en las zonas de mayor riqueza biológica del estado, ha permitido generar experiencias en el proceso de decreto y manejo de las Áreas Naturales Protegidas bajo la competencia del estado, logrando implementar acciones concurrentes con autoridades federales y municipales, así como con organizaciones no gubernamentales, comunidades rurales y ejidos, con resultados interesantes e innovadores.

Resulta indispensable identificar políticas y requerimientos normativos para ampliar las posibilidades de protección, preservación y uso sostenible del capital natural guanajuatense a través de nuevas fórmulas de gestión, administración y responsabilidad local.

Será necesario definir y promover las políticas de gestión de las ANP con las comunidades, a fin de ampliar los beneficios directos derivados del manejo de ellas.

A futuro se vislumbra un SANPEG actualizado, dinámico e integrador que cuente con las herramientas de evaluación, seguimiento y una administración más eficaz de las ANP, entre ellas la aplicación de indicadores para mejorar su manejo.



Figura 10. Obras de conservación de suelo como medida de restauración (fotografía de David Guzmán González).



Figura 11. Plantaciones con especies nativas para la recuperación de la vegetación (fotografía de David Guzmán González).



Figura 12. Cercados para exclusión de ganado como protección de zonas forestales (fotografía de David Guzmán González).



Figura 13. Monitoreo de fauna silvestre (fotografía de IEE).



a)



b)

Figura 14*a* y 14*b*. Control mecánico de lirio acuático (fotografía de David Guzmán González).



Figura 15. Señalización de ANP.



Figura 16. Producción de plantas nativas en viveros comunitarios (fotografía de David Guzmán González).



Figura 17. Acondicionamiento de infraestructura turística en espacios para uso público (fotografía de David Guzmán González).

Figura 18*a* y 18*b*. Ecotecnias en comunidades en ANP (fotografía de David Guzmán González).



a)



b)

Cuadro 3. Líneas de acción del SANPEG.

1. Fomentar una estrecha colaboración con los municipios que cuentan con un Área Natural Protegida, promoviendo el desarrollo de trabajo regional para el caso de aquellos que comparten un ANP
2. Lograr una sinergia con los habitantes de las ANP para fomentar la participación activa en su conservación
3. Trabajar en la mejora de la calidad de vida de los habitantes de las ANP, para lo que se ha formalizado la creación de los comités técnicos en cada una de ellas
4. Incrementar la difusión de la existencia e importancia de las ANP
5. Implementar programas de seguimiento y evaluación de la efectividad del manejo
6. Identificar los vacíos y omisiones para la conservación de la flora y fauna dentro de las ANP
7. Articular las políticas públicas entre las diferentes dependencias y niveles de gobierno para evitar la aplicación de actividades contrarias entre sí
8. Mejorar el trabajo interinstitucional para obtener una mayor concurrencia de recursos a favor de la conservación
9. Promover la creación de programas de investigación al interior de las ANP
10. Promover una mejor coordinación para la vigilancia más efectiva y estratégica que permita la prevención y participación comunitaria
11. Considerar la mitigación y adaptación al cambio climático como un eje estratégico dentro de las ANP
12. La consolidación de los convenios de colaboración firmados con diferentes instituciones para el desarrollo de las ANP, como Pronatura, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, en específico con su carrera de Biología, Universidad Han de Holanda y el convenio marco sobre biodiversidad que firmaron diversas instituciones como la Universidad de Guanajuato, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-Centro Bajío), el Centro de Investigaciones Avanzadas (Cinvestav, Campus Irapuato), el Instituto de Ecología A.C. (Inecol Bajío), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) y el Instituto de Ecología del Estado (IEE) para que, derivado de los estudios en desarrollo, sean las ANP del estado los primeros lugares donde se desarrolle la estrategia estatal de biodiversidad

Literatura citada

Bezaury-Creel, J. y D. Gutiérrez Carbonell. 2009. "Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México", en *Capital natural de México,* vol. II, *Estado de conservación y tendencias de cambio.* México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), pp. 385-431.

Frankham, R., J.D. Ballou y D. Briscoe. 2002. *Introduction to conservation genetics.* Reino Unido. Cambridge University Press.

POGEG (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato). 2000*a*. *Bases para la integración del Sistema de Áreas Naturales Protegidas para el Estado de Guanajuato.* Gobierno del Estado de Guanajuato. 8 de febrero. Última reforma publicada el 12 de noviembre de 2004.

———. 2000*b*. *Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato.* Gobierno del Estado de Guanajuato. 8 de febrero. Última reforma publicada el 12 de noviembre de 2004.

———. 2000*c*. *Reglamento de la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato en materia de Áreas Naturales Protegidas.* Gobierno del Estado de Guanajuato. Publicado el 19 de septiembre.

———. 2002. *Programa que establece el Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas.* Gobierno del Estado de Guanajuato. Publicado el 25 de enero.

Primack R. y F. Massardo. 2001. "Estrategias de conservación *ex situ*", en R. Primack, R. Roíz, P. Feinsinger *et al.*, *Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas.* México, Fondo de Cultura Económica (FCE), pp. 421-446.

———, R. Rozzi y P. Feinsinger. 2001. "Establecimiento de áreas protegidas", en R. Primack, R. Roíz, P. Feinsinger *et al., Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas.* México, FCE, pp. 449-475.

Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2007. DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la zona conocida como Sierra Gorda de Guanajuato localizada en los municipios de Atarjea, San Luis de la Paz, Santa Catarina, Victoria y Xichú, en el Estado de Guanajuato. Publicado el 2 de febrero.

LA BIOÉTICA Y LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD



Fernando Anaya Velázquez | Victoria E. Navarrete Cruz

Introducción

La bioética surgió en la década de los años setenta del siglo XX como una respuesta a los avances de la ciencia y la tecnología, en un ambiente de creciente preocupación por las aplicaciones en la medicina. Igualmente surgió como una herramienta para afrontar los retos del planeta en el aspecto ambiental (Potter, 1970).

Nace así la bioética como la disciplina que conjunta la biología y la ética. Actualmente, el alcance de esta disciplina en su función de promover el respeto por la vida y la responsabilidad con la misma, ha pasado del plano biomédico trascendiendo a todos los ámbitos de la vida, por lo que hoy se acepta su intervención en la vida humana, la vida de los animales y de las plantas, incluyendo la actitud frente a la naturaleza y el medio ambiente (Callahan, 1995).

En los últimos años se ha consolidado la idea de que la bioética y los derechos humanos van de la mano, al fomentar ambos la responsabilidad y el respeto, tanto de los derechos básicos como en lo referente a las conductas deseables en el ámbito de la vida humana y su dignidad. Por lo anterior, la UNESCO, después de un amplio debate, propuso la declaración en la cual se establece tal relación (UNESCO, 2005).

Aunque existen diferentes definiciones de la bioética, unas más enfocadas al ámbito clínico y otras a la vida biológica en todas sus manifestaciones, una propuesta de definición es la siguiente: la bioética es una disciplina integrada por el aporte de distintos saberes, para dar respuesta a problemas de la vida, de acuerdo a principios, valores, normas y costumbres a través del diálogo reflexivo, pluralista e interdisciplinario; para lograr la mejor decisión en un determinado momento y lugar, buscando un bien personal, social y ecológico (varios autores, comunicación personal).

Aportaciones de la bioética

En nuestros días se considera que una de las principales aportaciones de la bioética es su método de reflexión y su aplicación al análisis de dilemas éticos. Dicho método se caracteriza por ser un diálogo interdisciplinario reflexivo y deliberativo con una actitud plural, tolerante y respetuosa, con la intención de lograr consensos razonados e informados. En consecuencia, la bioética es el uso creativo del diálogo para formular, articular y, en lo posible, resolver los dilemas que plantean la investigación y la intervención sobre la vida, la salud y el medio ambiente (Álvarez Díaz *et al.*, 2006).

En los aspectos relacionados con nuestro planeta se ha propuesto la bioética global, que pretende integrar todos los aspectos de intervención humana en el ámbito de la vida con un referente ético. De la misma manera, se ha cuestionado de qué manera la humanidad puede asegurar que las acciones por la vida en su amplio sentido sean realizadas de manera responsable, con la intención de conservar y mantener la biodiversidad y con el propósito de permitir que continúe la evolución biológica.

Una solución a esta necesidad es la conformación a nivel mundial de comités de ética global, para que en dichas instancias se evalúe y se realice el seguimiento de las acciones humanas en el campo de la vida. Por lo anterior, en un marco de desarrollo sostenible y sustentable es menester que las acciones y actitudes humanas pretendan primero no dañar a la naturaleza y, segundo, con un sentido de justicia hacer llegar los beneficios de los recursos naturales a todos los individuos que viven en o dependen de ellos. En un segundo nivel de acción, la conservación debiera tener como propósito beneficiar a la mayoría de la población, procurando que la biodiversidad sea preservada para asegurar el futuro de la humanidad.

Anaya Velázquez, F. y V. E. Navarrete Cruz. 2012. “La Bioética y la conservación de la biodiversidad” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado.* México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 389-391.

En los temas que tienen relación con la biodiversidad y su preservación, el argumento ético que justifica una actitud responsable es el compromiso que se tiene de permitir que la vida continúe. Esto supone tener las condiciones adecuadas para la supervivencia de todos los seres vivos, en particular los que benefician al hombre y no le causan enfermedades.

Desde el punto de vista de la bioética principialista y normativa, la actitud ética deseable se puede lograr con las siguientes acciones:

- Crear comités de bioética ambiental a nivel estatal y nacional que incluyan a especialistas y ciudadanos y que tengan por objetivo analizar y resolver los dilemas éticos derivados de las acciones humanas en el campo de la biodiversidad, la ecología y el medio ambiente.
- Hacer que la educación ambiental sea prioritaria en todos los niveles educativos.
- Promover y realizar la conservación del germoplasma.
- Promover el cuidado de los seres vivos y evitar que otros se apropien del patrimonio de la vida, que es de toda la humanidad.
- Promover que las actividades sean dirigidas a la conservación de la biodiversidad.
- Investigar y usar de manera responsable los organismos genéticamente modificados, evitando que sean usados masivamente hasta que primero se demuestre su inocuidad con el medio ambiente y que no causen alteraciones a la salud humana y de otros seres vivos.
- Lograr que los beneficios del uso responsable de los recursos bióticos sirvan a las comunidades humanas en donde éstas se encuentren.

La bioética en el estado de Guanajuato

Para lograr la difusión, enseñanza e investigación de la bioética se creó en 1993 el Centro de Investigaciones en Bioética de la Universidad de Guanajuato, el cual ha contribuido desde su fundación al desarrollo de esta disciplina en el estado, promoviendo la creación de cátedras de bioética a nivel superior, la formación de recursos humanos en este campo, la realización de proyectos de investigación, la publicación de artículos y libros, además de participar en el establecimiento de comités de ética de investigación y de comités hospitalarios de bioética, realizando sus actividades en colaboración con instituciones estatales, nacionales e internacionales.

Otra institución que ha sido muy importante para la promoción de una cultura bioética en Guanajuato ha sido la Comisión Estatal de Bioética (CEB), creada por decreto del Ejecutivo estatal en septiembre de 2006, empezando sus labores pocos meses después. Está integrada por diversas instituciones estatales, y sus primeras acciones han sido organizar la deliberación de temas de interés biomédico y la creación de comités hospitalarios de bioética.

La CEB tiene como tarea a futuro incluir el tema de la bioética ambiental en su agenda de trabajo. Para comparar las acciones educativas de análisis reflexivo sobre el tema y la propuesta de soluciones colaborará con el Instituto de Ecología del estado y otras instituciones involucradas en los temas ecológicos y ambientales. Asimismo, la CEB colaborará en las propuestas legislativas que realicen las instancias adecuadas involucradas en la ecología y el medio ambiente que sean necesarias para lograr la conservación de la biodiversidad.

Conclusiones

La cultura bioética está iniciándose en Guanajuato, por lo que la conservación de la biodiversidad en la entidad y el manejo adecuado de las amenazas a la misma dependerá no sólo de un abordaje científico y tecnológico de vanguardia sino de una actitud ética ante dicho reto, es decir, de una acción responsable con la biodiversidad, tanto en su manejo como en su protección, a fin de lograr su preservación en beneficio de todos con una visión sustentable de largo plazo.

Literatura citada

Álvarez Díaz, J., F. Lolas Stepke y D. Outomuro. 2006. "Introdución" en F. Lolas, A. Quezada y E. Rodríguez (eds.), *Investigación en Salud. Dimensión Ética*. Santiago, Universidad de Chile.

Callahan, D. 1995. "Bioética", en *Encyclopedia of Bioethics*, 2ª ed., Nueva York.

Potter, Van R. 1970. "Bioethics, the science of survival". *Perspectives in Biology and Medicine* **14**: 127-153.

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 2005. Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos, en *http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180s.pdf*, última consulta 25 de junio de 2012.

LA SIERRA DE SANTA ROSA, UNA REGIÓN FUNDAMENTAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA FLORA DE GUANAJUATO



Juan Martínez-Cruz | Guillermo Ibarra-Manríquez

Introducción

El estado de Guanajuato, a pesar de ser una de las entidades más densamente pobladas del país, aún conserva cerca de 50% de su cobertura vegetal natural, la cual está compuesta principalmente por bosque de encinos (284 850 ha) y bosque de pino-encino (88 824 ha), distribuidos principalmente en las montañas del estado (Quero, 1977; Pineda, 1978; Rzedowski *et al.*, 1996; Palacio-Prieto *et al.*, 2000, Carranza, 2005). Dentro de este mosaico de ecosistemas se localiza la Sierra de Santa Rosa, al noroeste de la ciudad de Guanajuato, que forma parte de los municipios de Dolores Hidalgo, Guanajuato y San Felipe (Inegi, 1991). Esta sierra, con una altitud entre 1 800 y 2 750 msnm, tiene un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano (García, 1981).

Encinares de la Sierra de Santa Rosa

El tipo de vegetación dominante en la región es el encinar o bosque de encino, donde se han encontrado cerca de 500 especies de árboles, arbustos o hierbas (Martínez-Cruz y Téllez-Valdés, 2004). En términos generales esta vegetación se distingue porque los árboles más abundantes son una o más especies de encinos, los cuales se clasifican dentro del género *Quercus* (familia Fagaceae). De acuerdo a un estudio realizado para estimar la riqueza de especies en los encinares de la Sierra de Santa Rosa (Martínez-Cruz *et al.*, 2009), es posible distinguir cuatro diferentes tipos de encinares que difieren en el ancho de sus troncos (área basal) y altura (cuadro 1). En el primero de ellos predomina la especie *Quercus coccolobifolia*, mientras que en los otros tres la abundancia es similar entre dos especies de encino: 1) *Quercus laurina* y *Q. rugosa*, 2) *Q. potosina* y *Q. castanea* y 3) *Q. potosina* y *Q. eduardii* (cuadro 1).

Riesgos y amenazas

En la Sierra de Santa Rosa se ha registrado un total 13 especies de encinos, que representa 8% del total estimado para México (Valencia, 2004). Lamentablemente, estas especies no tienen un futuro promisorio para su conservación, ya que en los encinares se presentan diversos factores naturales de disturbio como sequías,

Cuadro 1. Riqueza de especies, altura y área basal promedio de cuatro tipos de bosques de encino en la Sierra de Santa Rosa.

Atributos	Encinares nombrados por las especies dominantes			
	Quercus coccolobifolia	*Q. laurina - Q. rugosa*	*Q. potosina - Q. castanea*	*Q. potosina - Q. eduardii*
Especies de árboles	6	4	12	6
Especies de arbustos	10	11	24	14
Especies de encinos	3	2	7	5
Altura promedio (máxima) m	3 (12)	12 (25)	2.5 (18)	4.3 (16)
Área basal promedio (máxima) cm^2	69.9 (447.6)	305.1 (2 753.1)	195.4 (980.5)	199.4 (1 145.9)

Martínez Cruz, J. y G. Ibarra Manríquez. 2012. "La Sierra de Santa Rosa, una región fundamental para la conservación de la flora de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 392-394.

heladas, granizadas o incendios que en ocasiones generan una declinación forestal por la muerte masiva de árboles. El proceso se acrecienta con la aparición de distintas plagas que atacan principalmente a individuos con menor altura y diámetro del tronco, lo cual ha sido documentado recientemente en la Sierra de Lobos, Guanajuato (Vázquez *et al*., 2004). Esta preocupante situación puede suceder en la Sierra de Santa Rosa.

Aunado a los riesgos naturales que se comentaron previamente, la tala desmedida de una gran cantidad de árboles utilizados para la fabricación de carbón ha generado que los bosques de *Q. potosina* y *Q. castanea*, así como los de *Q. potosina* y *Q. eduardii*, tengan una baja densidad arbórea, de aproximadamente 650 individuos/ha, en comparación con otros bosques mejor conservados como aquellos donde predomina *Q. coccolobifolia* y el de *Q. laurina* - *Q. rugosa*, los que tienen densidades superiores a los 1 100 árboles/ ha. Otra consecuencia del aprovechamiento no planificado de estos bosques es que podría provocar la desaparición de otras especies vegetales poco abundantes en la sierra y que por ello están clasificadas como especies sujetas a protección especial (*Gentiana spathacea*) y en peligro de extinción (*Selaginella porphyrospora*) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Otro aspecto importante es que los encinares en Guanajuato producen cerca de 24 000 m^3 de madera (25% del total que se produce en todo México), donde cerca de 79% es utilizado para la producción de carbón, un producto de bajo valor económico en el mercado (Pérez *et al*., 2000), en comparación con otros usos maderables –principalmente pulpa para la elaboración de celulosa–, y no maderables –medicinal o forrajero– (Pérez *et al*., 2000; Luna-José *et al*., 2003). Estos últimos tienen un mejor precio de comercialización y tienen la ventaja de que pueden ser extraídos sin alterar de manera grave las comunidades vegetales. Otro producto de fuerte valor agregado es la madera, la cual se utiliza para obtener tablas con diversos propósitos como la elaboración de muebles. Pérez *et al*. (2000) recomiendan acotar esta actividad maderera a las siete especies de encinos rojos de la sierra: *Q. aristata, Q. castanea, Q. coccolobifolia, Q. crassipes, Q. eduardii, Q. laurina* y *Q. sideroxyla*, dado que la tecnología desarrollada para la extracción de madera se ha enfocado en estas especies de encinos.

Recomendaciones

En términos generales, es conveniente realizar estudios pertinentes para lograr un aprovechamiento sustentable de los recursos maderables que albergan los encinares de la Sierra de Santa Rosa. En ese sentido, y con base en los resultados de las investigaciones citadas en la presente contribución, es necesario valorar los recursos que estos bosques albergan, incluyendo los de tipo directo (artesanías, forraje o plantas medicinales, etc.) o indirectos (pago de servicios ambientales, entre otros) los cuales pueden acoplarse con actividades de ecoturismo o caza cinegética. De manera que un manejo ordenado de los encinares en la Sierra de Santa Rosa pueda fomentar la conservación y el manejo sostenible de sus recursos, lo que redundará en el bienestar económico de las comunidades humanas que en ella habitan.

Literatura citada

Carranza, E. 2005. “Conocimiento actual de la flora y la diversidad vegetal del estado de Guanajuato, México”, *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XXI.

García, E. 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*, 3ª ed. México, Instituto de Geografía, UNAM.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1991. *Datos básicos de la Geografía de México*. México.

Luna-José, A., L. Montalvo-Espinosa y B. Rendón-Aguilar. 2003. “Los usos no leñosos de los encinos en México”, *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **72**: 107-117.

Martínez-Cruz, J. y O. Téllez-Valdés. 2004. "Listado florístico de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México", *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **74**: 31-49.

———, O. Téllez Valdés. y G. Ibarra-Manríquez. 2009. "Estructura de los encinares de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México", *Revista Mexicana de Biodiversidad* **80**: 145-156.

Palacio-Prieto, J.L., G. Bocco, A. Velázquez *et al.* 2000. "La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000", Investigaciones Geográficas, UNAM *Boletín del Instituto de Geografía* **43**: 183-203.

Pérez, O.M., R. Dávalos y E. Guerrero. 2000. "Aprovechamiento de la madera en México", *Madera y Bosques* **6**: 3-13.

Pineda, R.A. 1978. "La vegetación forestal del estado de Guanajuato", *Bosques y Fauna* **1**: 31-41.

Quero, R.J. 1977. "La vegetación de las serranías de la Cuenca Alta del Río de la Laja, Guanajuato", *Anales del Instituto de Biología*, *Serie Botánica* **47**-53: 73-99.

Rzedowski, J., G. Calderón de Rzedowski y R. Galván. 1996. "Nota sobre la vegetación y la flora del noreste del estado de Guanajuato", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XIV.

Valencia, S. 2004. "La diversidad del género *Quercus* (*Fagaceae*) en México", *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **75**: 33-53.

Vázquez, L., J.C. Tamarit, J. Quintanar *et al.* 2004. "Caracterización de la declinación de encinos de Sierra de Lobos, Guanajuato, México", *Polibotánica* **17**: 1-14.

Fauna del Área Natural Protegida "Cerro de Arandas", Irapuato



Edmundo Lozoya Gloria | Pedro Uriarte Garzón

Introducción

El decreto que promulgó como Área Natural Protegida "Cerro de Arandas" (ANPCA), fue publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato el 25 de noviembre de 2005. Abarca una superficie de 5 240.15 ha, con una variación altitudinal de 1 700 msnm, en la zona de la presa El Conejo, hasta los 2 040 msnm en su parte más alta en el cerro de Arandas (POGEG, 2005). Se encuentra ubicada geográficamente en la parte oeste del estado de Guanajuato y noroeste dentro del municipio de Irapuato (figura 1). Presenta dos formaciones cerriles de forma irregular: el cerro de Arandas y el cerro El Bernalejo, también conocido como El Piloncillo (Semarnat/INE/Conanp, 2001). La principal función de la presa El Conejo es el control de avenidas y la recarga de los mantos acuíferos; tiene una superficie de inundación de 2 302 ha que recibe el agua del río Silao a través de un caudal intermitente, el que al salir de la presa recorre el ANPCA por su borde oriental y llega al Parque Ecológico de Irapuato, limitando el crecimiento de la mancha urbana pero recibiendo cada vez más la descarga de aguas residuales municipales. La extensión del ANPCA está delimitada en zonas de uso agrícola, urbano, embalses de aguas temporales y áreas conservadas que incluye el cerro de Arandas (2 030 msnm) y El Bernalejo (1 890 msnm), siendo estas últimas zonas las únicas con un mayor grado de conservación y en donde se encuentra el mayor porcentaje de la riqueza del área (Uriarte-Garzón y Lozoya-Gloria, 2009).

La flora más abundante dentro del área son las cactáceas como el nopal joconoxtle, nopal tunero (*Opuntia* spp.) y garambullo (*Myrtillocactus* sp.), cuyos frutos son utilizados como alimento por los pobladores y la fauna residente. Las especies vegetales arbustivas predominantes de la zona son casahuate (*Ipomoea murucoides*), mezquite (*Prosopis laevigata*), huizache (*Acacia farnesiana*), pochote (*Ceiba aesculifolia*), como elementos representativos del matorral subtropical que domina el paisaje, así como el papelillo (*Bursera fagaroides*) y copal (*Bursera* sp.) del bosque tropical caducifolio o selva baja caducifolia. Desafortunadamente no se han conseguido recursos para levantar un inventario formal y actualizado de la flora de esta ANPCA lo que es urgente e indispensable (Carranza-González, 2005; Semarnat/Conanp/IEE, 2005; Terrones-Rincón *et al*., 2004).

En esta zona, a lo largo del año, las variaciones del clima son extremas, por lo que la flora y la fauna presentan una alta adaptabilidad. Las variaciones van desde un ambiente desértico y sin lluvia por varios meses, cuando las únicas plantas verdes son los nopales tuneros (*Opuntia* spp.) y los huizaches (*Acacia farnesiana*), época en que la mayor parte de la fauna se aleja o migra a otros sitios, hasta la temporada de lluvias, cuando pueden observarse arroyos corriendo entre una flora exuberante, incluso con lianas en algunos sitios, y con una abundante y rica fauna, en donde, por ejemplo, se pueden observar ranas que han estado enterradas durante el periodo de sequía y coyotes con sus crías (figura 2) (Uriarte-Garzón y Lozoya-Gloria, 2009).

Problemática actual del ANPCA

La problemática actual del ANPCA es generada por la mala planeación urbana, lo que ha provocado el aumento de basura, la invasión o apropiación de terrenos dentro del área natural, la construcción descontrolada de vialidades, el vandalismo y la cacería ilegal (de subsistencia y deportiva), siendo la caza de palomas (*Zenaida* spp.), tórtolas o torcacitas (*Columbina* sp.) y conejos (*Sylvilagus* sp.) la práctica más común dentro del cerro de

Lozoya Gloria, E. y P. Uriarte Garzón. 2012. "Fauna del Área Natural Protegida Cerro de Arandas, Irapuato" en La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 395-405.

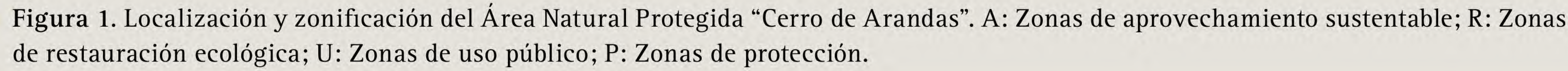


Figura 1. Localización y zonificación del Área Natural Protegida "Cerro de Arandas". A: Zonas de aprovechamiento sustentable; R: Zonas de restauración ecológica; U: Zonas de uso público; P: Zonas de protección.

Arandas y partes bajas. A pesar de lo anterior, se encontró una importante riqueza faunística, con un total de 17 especies de mamíferos (cuadro 1) (Carranza-Castañeda y Ferrusquilla-Villafranca, 1978; Carranza-Castañeda y Miller, 1988; Carranza-Castañeda, 1989; Iglesias *et al*., 2008; Magaña-Cota *et al*., 2008a y 2008b), 117 especies de aves (cuadro 2) (Estrada-Hernández, 1996; Labarthe-Horta, 2004; González-Carrillo, 2005; López-González *et al*., 2008), 18 especies de reptiles y seis especies de anfibios (cuadro 3) (Mendoza-Quijano *et al*., 2001; Sandoval-Minero, 2004) así como cuatro tipos de peces (cuadro 4) (Sandoval-Minero, 2004). De las especies de mamíferos registrados para el ANPCA, ocho (47.05%) se consideran raras o escasas; de las especies de aves registradas, 53 (45.29%) son raras o su población es baja a casi nula, observándose en muchos casos un solo individuo, y de las especies de anfibios y reptiles registradas, 14 (58.33%) se consideran escasas (Semarnat, 2010), de acuerdo al inventario realizado por Conacyt y el Gobierno del Estado de Guanajuato (Uriarte-Garzón y Lozoya-Gloria, 2009).

Conclusiones

La zona decretada como Área Natural Protegida "Cerro de Arandas", de 5 240.15 ha, es una zona muy impactada. El deterioro abarca más de 76.47% de su territorio, y la extensión de las zonas agrícolas de temporal y de riego cubren 72.35% del total del área natural. Por otra parte, los embalses o presas de la zona, que cubren 14.11% del total del área natural protegida, sólo retienen suficiente agua en 5.88% de su extensión y donde se observa, además, una gran contaminación por desechos sólidos y líquidos. Incluso el área conservada, es decir, el cerro de Arandas (que cubre una superficie de 21.76%), presenta extensas zonas donde su vegetación se ha perdido por diversas actividades humanas (Uriarte-Garzón y Lozoya-Gloria., 2009).

Por lo anterior, se han propuesto las siguientes acciones para conservar esta zona:

1. Realizar programas de monitoreo de la flora y la fauna de forma constante, para conocer realmente el grado de disminución de las poblaciones en el transcurso del tiempo, identificando principalmente a las especies más sensibles y desarrollar estrategias para su protección. 2. Proponer la expansión del ANPCA hacia el cerro El Veinte, ya que éste tiene una mayor altura y extensión (2 340 msnm), menor grado de perturbación y se ha observado un mayor número poblacional de especies; se encuentra bajo las mismas condiciones climáticas que el ANPCA por lo que la fauna y la flora son similares y tienen una mayor posibilidad de recuperación y enriquecimiento. Esta expansión requerirá de un puente o corredor biológico entre ambos cerros, lo anterior se fundamenta en que el cerro de Arandas es el único sitio dentro del ANP donde se resguardan más de 80% de las especies y como ecosistema no proporciona recursos suficientes para la supervivencia de las especies que ahí habitan. 3. Llevar a cabo un control eficiente por parte del municipio de Irapuato con apoyo de la Comisión Nacional del Agua, para mantener constante y limpio el



Figura 2. Variabilidad fisonómica del ANPCA en enero (época de secas) y en julio (época de lluvias).

Cuadro 1. Listado mastofaunístico registrado dentro del ANPCA.

Clasificación taxonómica	Nombre común
ORDEN CARNÍVORA	
Familia Canidae	
Canis latrans Say, 1823	Coyote
Urocyon cinereoargenteus (Schreber, 1775)	Zorra gris
Familia Felidae	
Lynx rufus (Schreber, 1777)	Lince
Familia Mustelidae	
Mustela frenata Lichtenstein, 1831	Comadreja
Mephitis macroura Lichtenstein, 1832	Zorrillo listado
Familia Procyonidae	
Bassariscus astutus (Lichtenstein, 1830)	Cacomixtle
Procyon lotor (Linnaeus, 1758)	Mapache
ORDEN CHIROPTERA	
Familia Molossidae	
Tadarida brasilensis (I. Geoffroy Saint-Hilaire, 1824)	Murciélago guanero
Familia Phyllostomatidae	
Choeronycteris mexicana Tschudi, 1844	Murciélago trompudo *
ORDEN DIDELPHIMORPHIA	
Familia Didelphidae	
Didelphis virginiana kerr, 1792	Tlacuache
ORDEN LAGOMORPHA	
Familia Leporidae	
Lepus callotis Wagler, 1839	Liebre torda
Sylvilagus audubonii (Baird, 1858)	Conejo del desierto
ORDEN RODENTIA	
Familia Heteromyidae	
Lyomis irroratus (Gray, 1868)	Ratón espinoso
Familia Muridae	
Peromyscus maniculatus (Wagner, 1845)	Ratón de campo *
Baiomys taylori (Thomas, 1887)	Ratón pigmeo
Familia Sciuridae	
Spermophilus mexicanus (Erxleben, 1777)	Ardilla de tierra
Spermophilus variegatus (Erxleben 1777)	Ardillón, ardilla de las rocas

(*) Incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
También se encontraron las especies de roedores: ratón doméstico (*Mus musculus*) y rata negra (*Rattus* sp.).

Cuadro 2. Listado avifaunístico del ANPCA.

Clasificación taxonómica	Nombre común
ORDEN PODICIFORMES	
Familia Podicepedidae	
Podiceps nigricollis (Brehm, 1831)	Zambullidor mediano
Podilymbus podiceps (Linnaeus, 1758)	Zambullidor piquigrueso
Tachybaptus dominicus (Linnaeus, 1766)	Zambullidor menor*
ORDEN CICONIIFORMES	
Familia Ardeidae	
Ardea alba (Linnaeus, 1758)	Garzón blanco
Ardea herodias Linnaeus, 1758	Garzón cenizo
Bubulcus ibis (Linnaeus, 1758)	Garza ganadera
Butorides virescens (Linnaeus, 1758)	Garcita oscura
Egretta thula (Molina, 1782)	Garza dedos dorados
Nycticorax nycticorax (Linnaeus, 1758)	Garza nocturna coroninegra
Familia Threskiornithidae	
Plegadis chihi (Vieillot, 1817)	Ibis oscuro
Familia Cathartidae	
Cathartes aura (Linnaeus, 1758)	Zopilote aura
ORDEN ANSERIFORMES	
Familia Anatidae	
Anas acuta (Linnaeus, 1758)	Pato golondrino
Anas clypeata (Linnaeus, 1758)	Pato cucharón
Anas crecca carolinensis (Linnaeus, 1758)	Cerceta alioscura
Anas cyanoptera (Vieillot, 1816)	Cerceta aliazul café
Anas discors (Linnaeus, 1766)	Cerceta aliazul clara
Anas platyrhynchus diazi (Linnaeus, 1758)	Pato altiplanero*
Oxyura jamaicensis (Gmelin, 1789)	Pato rojizo alioscuro
ORDEN FALCONIFORMES	
Familia Falconidae	
Caracara cheriway (Jacquin, 1784)	Halcón cara cara
Falco sparverius (Linnaeus, 1758)	Halcón cernícalo
Familia Accipitridae	
Asturina nitida (Latham, 1790)	Aguililla gris
Buteo jamaicensis (Gmelin, 1788)	Aguililla colirroja*
Circus cyaneus (Linnaeus, 1766)	Aguilla rastrera
Elanus leucurus (Desfontaines, 1789)	Milano coliblanco
Parabuteo unicinctus (Temminck, 1824)	Aguililla rojinegra*
ORDEN GALLIFORMES	
Familia Odontophoridae	
Colinus virginianus (Linnaeus, 1758)	Codorniz cotui norteña*
ORDEN PELECANIFORMES	
Familia Phalacrocoracidae	
Phalacrocorax brasilianus (Gmelin, 1789)	Cormorán oliváceo
Familia Pelecanidae	
Pelecanus erythrorhynchos (Gmelin, 1789	Pelícano blanco
ORDEN GRUIFORMES	
Familia Rallidae	

Cuadro 2. Continuación.

Clasificación taxonómica	Nombre común
Fulica americana (Gmelin, 1789)	Gallareta americana
Gallinula chloropus (Linnaeus, 1758)	Gallareta frenteroja
ORDEN CHARADRIIFORMES	
Familia Scolopacidae	
Actitis macularius (Linnaeus, 1766)	Playerito alzacolita
Calidris minutilla (Vieillot, 1819)	Playerito mínimo
Limnodromus scolopaceus (Say, 1823)	Costurero de agua dulce
Numenius americanus (Bechstein, 1812)	Zarapito piquilargo
Familia Charadriidae	
Charadrius vociferus (Linnaeus, 1758)	Chorlito tildio
Familia Jacanidae	
Jacana spinosa (Linnaeus, 1758)	Jacana centroamericana
Familia Recurvirostridae	
Himantopus mexicanus (Müller, 1776)	Avoceta piquirecta, monjita
Recurvirostra americana (Gmelin, 1789	Avoceta piquicurva
Tringa flavipes (Gmelin, 1789)	Patamarilla menor
Tringa melanoleuca (Gmelin, 1789)	Patamarilla mayor
Familia Phalaropodidae	
Phalaropus tricolor (Vieillot, 1819)	Falaropo piquilargo
Familia Laridae	
Larus sp	Gaviota*
ORDEN COLUMBIFORMES	
Familia Columbidae	
Columbina inca (Lesson, 1847)	Tortola colilarga
Columbina passerina (Linnaeus, 1758)	Tortola pechipunteada
Zenaida asiatica (Linnaeus, 1758)	Paloma alas blancas
Zenaida macroura (Linnaeus, 1758)	Paloma huilota
ORDEN CUCULIFORMES	
Familia Cuculidae	
Crotophaga sulcirostris (Swainson, 1827	Garrapatero pijuy
Geococcyx californianus (Lesson, 1829)	Correcaminos norteño
ORDEN STRIGIFORMES	
Familia Strigidae	
Athene cunicularia (Molina, 1782)	Tecolote zancon*
Bubo virginianus (Gmelin, 1788)	Buho cornado americano
Familia Tytonidae	
Tyto alba (Scopoli, 1769)	Lechuza
Orden Caprimulgiformes	
Familia Caprimulgidae	
Chordeiles acutipennis (Hermann, 1783)	Chotacabra halcón
ORDEN APODIFORMES	
Familia Trochilidae	
Amazilia violiceps (Gould, 1859)	Amazilia occidental
Archilochus alexandri (Bourcier & Mulsant, 1846)	Colibrí gorjinegro
Calothorax lucifer (Swainson, 1827)	Colibrí tijera altiplanero
Cynanthus latirostris (Swainson, 1827)	Colibrí latirrostro

Cuadro 2. Continuación.

Clasificación taxonómica	Nombre común
Cynanthus sordidus (Gould, 1859)	Colibrí sórdido
Selasphorus platycercus (Swainson, 1827)	Colibrí vibrador
Selasphorus sasin (Lesson, 1829)	Colibrí colicanelo sasin
ORDEN PICIFORMES	
Familia Picidae	
Melanerpes aurifrons (Wagler, 1829)	Carpintero pechileonado común
Picoides scalaris (Wagler, 1829)	Carpinterillo mexicano
ORDEN PASSERIFORMES	
Familia Tyrannidae	
Contopus sordidulus (Sclater, 1859)	Contopus occidental
Empidonax oberholseri Phillips, 1939	Empidonax de Oberholser
Megarhynchus pitangua (Linnaeus, 1766)	Luis piquigrueso
Myiarchus tuberculifer (D'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	Papamoscas copetón triste
Myiarchus tyrannulus (Müller, 1776)	Papamoscas copetón tiranillo
Pintangus sulphuratus (Linnaeus, 1766)	Luis bienteveo
Pyrocephalus rubinus (Boddaert, 1783)	Mosquero cardenalito
Xenotriccus mexicanus (Zimmer, 1938)	Mosquero del Balsas*
Familia Sylviidae	
Polioptila caerulea (Linnaeus, 1766)	Perlita piis
Familia Hirundinidae	
Hirundo rustica (Linnaeus, 1758)	Golondrina tijereta
Stelgidopteryx serripennis (Audubon, 1838)	Golondrina gorjicafé
Familia Corvidae	
Corvus corax (Linnaeus, 1758)	Cuervo ronco
Familia Remizidae	
Auriparus flaviceps (Baird, 1850)	Párido desértico
Familia Troglodytidae	
Campylorhrynchus gularis (Sclater, 1861)	Matraca encinera
Catherpes mexicanus (Swainson, 1829)	Troglodita saltapared
Thryomanes bewickii (Audubon, 1827)	Troglodita colinegro
Thryothorus maculipectus (Lafresnaye, 1845)	Troglodita pechimanchado
Familia Mimidae	
Mimus polyglottos (Linnaeus, 1758)	Cenzontle aliblanco
Toxostoma curvirostre (Swainson, 1827)	Cuitlachoche común
Familia Laniidae	
Lanius ludovicianus (Linnaeus, 1766)	Verdugo americano
Familia Parulidae	
Dendroica nigrescens (Townsend, 1837)	Chipe negrigrís
Dendroica townsendi (Townsend, 1837)	Chipe negriamarillo
Dendroica coronata (Linnaeus, 1766)	Chipe grupidorado común
Icteria virens (Linnaeus, 1758)	Chipe piquigrueso
Mniotilta varia (Linnaeus, 1766)	Chipe trepador
Oporornis tolmiei (Townsend, 1839)	Chipe cabecigris de Tomie*
Vermivora virginiae (Baird, 1860)	Chipe gorrigrís pechiamarillo
Vermivora ruficapilla (Wilson, 1811)	Chipe gorrigrís ventriamarillo
Wilsonia pusilla (Wilson, 1811)	Chipe coroninegro

Cuadro 2. Continuación.

Clasificación taxonómica	Nombre común
Familia Thraupidae	
Piranga leucoptera (Trudeau, 1839)	Tangara aliblanca tropical
Familia Ptilogonatidae	
Phainopepla nitens (Swainson, 1837)	Capulinero negro
Familia Bombycillidae	
Bombycilla cedrorum (Vieillot, 1808)	Chinito
Familia Icteridae	
Agelaius phoeniceus (Linnaeus, 1758)	Tordo sargento
Icterus bullockii (Swainson, 1827)	Bolsero norteño
Icterus cucullatus (Swainson, 1827)	Bolsero cuculado
Icterus parisorum (Bonaparte, 1838)	Bolsero parisino o tunero
Icterus pustulatus (Wagler, 1829)	Bolsero pustulado*
Icterus spurius (Linnaeus, 1766)	Bolsero castaño*
Molothrus ater (Boddaert, 1783)	Tordo cabecicafé
Quiscalus mexicanus (Gmelin, 1788)	Zanate mexicano
Xanthocephalus xanthocephalus (Bonaparte, 1826)	Tordo cabeciamarillo
Familia Emberizidae	
Aimophila botterii (Sclater, 1858)	Gorrión de Botteri común
Aimophila ruficeps (Cassin, 1852)	Gorrion bigotudo coronirrufo
Amphispiza bilineata (Cassin, 1850)	Gorrión gorjinegro carirrayado
Cardinalis cardinalis (Linnaeus, 1758)	Cardenal rojo
Chondestes grammacus (Say, 1823)	Gorrión arlequín
Passerculus sandwichensis (Gmelin, 1789)	Gorrión sabanero común*
Passerina caeurelea (Linnaeus, 1758)	Picogrueso azul
Passerina versicolor (Bonaparte, 1838)	Colorín oscuro
Pheucticus melanocephalus (Swainson, 1827)	Picogrueso pechicafé
Pipilo fuscus (Swainson, 1827)	Rascador pardo
Spizella passerina (Bechtein, 1798)	Gorrión coronirrufo cejiblanco
Sporophila torqueola (Bonaparte, 1850)	Semillerito collarejo
Familia Fringillidae	
Carduelis psaltria (Say, 1823)	Jilguero dorsioscuro
Carpodacus mexicanus (Müller, 1776)	Carpodáco o gorrión mexicano
Familia Passeridae	
Passer domesticus (Linnaeus, 1758)	Gorrión inglés

(*) Incluidas en la NOM-059–SEMARNAT-2010.

Cuadro 3. Listado herpetofaunístico del ANPCA.

Nombre científico	Nombre común
CLASE REPTILIA	
Orden Squamata	
Suborden Lacertilia	
Familia Phrynosomatidae	
Sceloporus spinosus Wiegmann, 1828	Lagartija espinosa
Sceloporus grammicus Wiegmann, 1828	Lagartija de mezquite*
Sceloporus torquatus Wiegmann, 1828	Lagartija de collar
Familia Teiidae	
Aspidoscelis gularis Baird y Girard, 1852	Cuije punteada
Aspidoscelis communis Cope, 1878	Cuije rayada
Suborden Serpentes	
Familia Colubridae	
Conopsis nasus Günther, 1858	Culebra excavadora
Drymarchon melanurus (Duméril, Bibron&Duméril, 1854)	Rey negra o víbora negra
Lampropeltis triangulum (Lacédepe, 1788)	Falsa coral*
Masticophis mentovarius (Duméril, Bibron&Duméril, 1854)	Chirrionera*
Oxibelis aeneus (Wagler, 1824)	Bejuquillo o flechilla
Pituophis deppei (Duméril, 1853)	Alicante*
Thamnophis eques (Reuss, 1834)	Culebra de agua*
Familia Leptotyphlopidae	
Leptotyphlops dulci (Baird & Girard, 1853)	Culebrilla ciega rosa
Familia Typhlopidae	
Ramphotyphlops braminus (Daudin, 1803)	Culebrilla lombriz
Familia Viperidae	
Crotalus aquilus Klauber, 1952	Cascabel serrana*
Crotalus molossus Baird & Girard, 1853	Cascabel cola negra*
Familia Elaphidae	
Micrurus tener (Baird & Girard, 1853)	Coralillo
Orden Testudines	
Familia Kinosternidae	
Kinosternon integrum Le Conte, 1824	Tortuga de casquito*
CLASE AMPHIBIA	
Familia Bufonidae	
Ollotis occidentalis Camerano, 1879	Sapo occidental
Familia Scaphiopodidae	
Spea multiplicata (Cope, 1863)	Sapito de espuelas
Familia Microhylidae	
Hypopachus varialosus (Cope, 1866)	Rana
Familia Hylidae	
Hyla arenicolor Cope, 1886	Rana de arena
Hyla eximia Baird, 1854	Ranita verde
Familia Ranidae	
Lithobates neovolcanicus Hillis & Frost, 1985	Rana leopardo*

(*) Incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Cuadro 4. Peces registrados dentro del ANPCA.

Nombre científico	Nombre común
Chirostoma jordani Woolman, 1894	Charal amarillo
Oreochromis sp.	Tilapia

(*) Incluidas en la NOM-059–SEMARNAT-2010

cauce del río Silao, el cual es un importante abastecedor de agua para el ANPCA, así como de recarga para los mantos acuíferos de la ciudad de Irapuato.

Literatura citada

Carranza-Castañeda, O. e I. Ferrusquilla-Villafranca. 1978. "Nuevas investigaciones sobre la fauna Rancho El Ocote, Plioceno Medio de Guanajuato, México. Informe Preliminar", Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), *Revista del Instituto de Geología* **2**: 163-166.

——— y W. Miller. 1988. "Roedores caviomorfos de la Mesa Central de México, Blancano Temprano (Plioceno Tardío) de la fauna local Rancho Viejo, Estado de Guanajuato", UNAM, *Revista del Instituto de Geología* **7**: 182-199.

———. 1989. "Rinocerontes de la fauna local Rancho El Ocote, Mioceno Tardío (Henfiliano Tardío) del estado de Guanajuato", UNAM, *Revista del Instituto de Geología* **8**: 88-99.

Carranza-González, E. 2005. "Conocimiento actual de la flora y la diversidad vegetal del Estado de Guanajuato, México", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes,* fascículo complementario XXI.

Estrada-Hernández, A. 1996. *Estudio preliminar de la avifauna de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México,* tesis de licenciatura. México, Escuela Nacional de Estudios Profesionales (ENEP)-Iztacala, UNAM.

González-Carrillo, A. 2005. *La riqueza avifaunística como elemento para la conservación del bosque templado de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, Gto. México.* Informe final de Servicio Social. México, Universidad Autónoma Metropoliotana (UAM)-Xochimilco.

Iglesias, J., V. Sánchez-Cordero, G. Magaña-Cota *et al.* 2008. "Noteworth records of margay *Leopardus weidii* and ocelot *Leopardus pardalis* in the State of Guanajuato, México", *Mammalia* **72**: 36-38.

Labarthe-Horta, V. 2004. *Las aves de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato.* Guanajuato, México, Fundación Ecológica de Guanajuato, A.C. Instituto Estatal de Ecología del estado de Guanajuato (IEE).

López-González, A., A. Gurrola-Hidalgo y P. Escalante-Pliego. 2008. *Avifauna de la Laguna de Yuriria y Cerro Los Amoles, Guanajuato, México.* V Encuentro: Participación de la Mujer en la Ciencia. León, Gto. México.

Magaña-Cota, G., G. Téllez-Girón y O. Sánchez. 2008*a*. *Murciélagos de Guanajuato, México: avances y perspectivas*, ficha técnica. México, Museo de Historia Natural "Alfredo Dugès", Universidad de Guanajuato.

———, J. Iglesias, V. Sánchez-Cordero, *et al.* 2008b. *Estudio preliminar de la mastofauna del municipio de Yuriria, Guanajuato*, México. V Encuentro: Participación de la Mujer en la Ciencia. León, Gto. México,

Mendoza-Quijano, F., S. Mejenes-López, V. Reynoso-Rosales *et al.* 2001. "Anfibios y reptiles de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato: Cien años después", *Anales del Instituto de Biología*, *Serie Zoología* **72**: 233-243.

POGEG (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato). 2005. *Declaratoria del Área Natural Protegida "Cerro de Arandas",* año XCII, tomo CXLIII, núm. 188. Guanajuato, Gto. México,

Sandoval-Minero, R. 2004. Ficha informativa de los Humedales de Ramsar (FIR). Laguna de Yuriria, Guanajuato, México. Anexos: A4-A7.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)/INE (Instituto Nacional de Ecología)/ Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2001. *Áreas naturales protegidas de México con decretos estatales*, vol. 1. México.

———. 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de diciembre de 2010.

——— /Conanp/IEE (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato). 2005. *Estudio previo justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Reserva de la Biósfera Sierra Gorda de Guanajuato.*

Terrones-Rincón, T. del R., C. González-Sánchez y S. Ríos-Ruíz. 2004. *Arbusto nativos de uso múltiple en Guanajuato*, Libro técnico núm. 7. Celaya, Gto. México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Uriarte-Garzón, P. y E. Lozoya-Gloria. 2009. *Reporte final del proyecto "Inventario de la fauna del Área Natural Protegida Cerro de Arandas"*. México, Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica (Conacyt-Gobierno del Estado de Guanajuato/ Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (Concyteg): Convenio 06-65-A-044. Parque Ecológico de Irapuato, A.C. (PEI).

ESTUDIO DE CASO

PRIORIDADES E INSTRUMENTOS DE CONSERVACIÓN EN EL ESTADO DE GUANAJUATO



Francisco Botello | Víctor Sánchez-Cordero | Gloria Eugenia Magaña-Cota
Ramón Cecaira-Ricoy | Enrique Kato Miranda

Introducción

México es uno de los países con mayor biodiversidad en el mundo. Sin embargo, las actividades antrópicas, como el avance de la frontera agrícola, la ganadería y, en general, la pérdida de hábitat natural pone en riesgo su conservación (Myers, 1998; Toledo *et al*., 1989; Egbert *et al*., 1999; Peterson *et al*., 2000; Sánchez-Cordero *et al*., 2004).

Seleccionar áreas para preservar ambientes naturales y contenerlos de las actividades antrópicas, es una práctica antigua. No obstante, la Planeación Sistemática de la Conservación (psc) es una propuesta relativamente reciente (Margules y Pressey, 2000) y tiene como objetivo seleccionar la menor área de conservación posible que represente adecuadamente la biodiversidad, incluyendo a las especies con distribuciones muy restringidas (rareza geográfica). Para lograrlo se ha propuesto el uso de los llamados valores subrogados, que son medidas parciales que en teoría representan adecuadamente la biodiversidad. Los valores subrogados deben ser atributos que puedan ser estimados a partir de monitoreos en campo, datos de percepción remota o modelos y servir para tomar decisiones prácticas de conservación, por lo cual deben de ser unidades cuantificables (Margules y Sarkar, 2009).

El estado de Guanajuato, considerado anteriormente como poco biodiverso, ha pasado a ser reconocido como uno de los que cuentan con mayor diversidad biológica (véase Sánchez *et al*., 2012 y Gurrola *et al*., 2012). Afortunadamente, la elevada biodiversidad coincide con que es uno de los estados de la República Mexicana con mayor proporción de área dedicada a la conservación (16% del área del estado) (geg, 2010), situación particularmente notoria a partir del decreto de 2007 de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato, la cual cuenta con poco más de 236 882 ha (Semarnat, 2007).

No obstante, el establecimiento de las áreas protegidas no siguió un objetivo de representatividad de la biodiversidad en su conjunto y, algunas de las áreas protegidas, aun y cuando podrían ser refugios para algunos grupos de vertebrados (por ejemplo, aves acuáticas en el Parque Ecológico estatal "Lago-Cráter La Joya"; pogeg, 2001), es probable que no estén fungiendo como zonas de conservación para otros grupos de vertebrados o de vegetación. Por tanto, a pesar de la elevada proporción de territorio dedicado a conservación en el estado, la representatividad de la diversidad biológica podría no haberse alcanzado. Esta hipótesis puede estar respaldada por el elevado número de sitios que han propuesto diversos trabajos como zonas importantes de conservación y que se encuentran fuera de las Áreas Protegidas decretadas. Algunos ejemplos para la conservación son las Regiones Terrestres Prioritarias (rtp) (Arriaga *et al*., 2000), las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (aicas) (Arizmendi y Márquez, 2000), las áreas clave para la conservación de la biodiversidad (kba) (Langhammer *et al*., 2007) y, recientemente, los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad propuestos por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) (Koleff *et al*., 2009).

Métodos

Análisis de Instrumentos de Conservación

Se obtuvieron las coberturas de aicas, anp (Inegi/Pronatura/conanp), kba, rtp y la Carta Digital de Uso de Suelo y Vegetación 1:250 000, Serie III, (Inegi, 2005). Todas las capas se manejaron mediante el programa ArcView versión 3.2 y se

Botello F., Sánchez Cordero V., Magaña Cota G. E. *et al*., 2012. "Prioridades e instrumentos de conservación en el estado de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 406-412.

analizó la proporción de hábitat natural remanente para cada uno de los instrumentos de conservación.

Selección de áreas prioritarias de conservación para mamíferos

Obtención de datos

Se obtuvieron puntos de recolecta de mamíferos reportados en colecciones a nivel nacional e internacional mediante consultas directas a la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología de la UNAM, el Museo Alfredo Dugès de la Universidad de Guanajuato, así como a través de páginas en red de los programas Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2008), Mammal Networked Information System (Manis, 2008) y de la Unidad de Informática para la Biodiversidad (Unibio, 2008).

Modelado de nicho

El modelado del nicho de especies es una herramienta que utiliza registros de presencia de especies y los asocia a variables ambientales, con lo que se obtiene una predicción de los requerimientos ambientales de las especies y consecuentemente su distribución geográfica potencial (Phillips *et al*., 2006). El modelado de nicho de las especies fue realizado mediante el software MaxEnt versión 3.1.0 (Phillips *et al*., 2004, 2006), el que calcula la distribución con máxima entropía utilizando la asociación observada entre la especie y las capas ambientales. El modelo resultante es una distribución probabilística sobre la celdas que ocupan un espacio geográfico determinado (Pawar *et a*l., 2007; Phillips *et a*l., 2004, 2006).

Las coberturas utilizadas para modelar el nicho fueron 19 variables ambientales (bio1-bio19) del proyecto WorldClim (http://www.worldclim.org/) y cuatro topográficas del proyecto Hydro1k (http://edc.usgs.gov/), cada una con resolución de 30 segundos (≈ 1 km^2).

Se seleccionaron 25% de los registros como puntos de prueba para el modelo, y el máximo de iteraciones por especie fue de 500 (Phillips *et al*., 2004, 2006; Pawar *et al*., 2007).

La exactitud de los modelos fue determinada mediante el área bajo la curva (AUC) del análisis “receiver operating characteristic” (ROC) de la curva graficada, en el eje “y”, con la sensibilidad (la fracción de presencias correctamente predichas) y en el eje “x” con la especificidad (fracción de todas las ausencias correctamente predichas). Para el presente estudio se eligieron todos los modelos que tuvieran área bajo la curva mayor de 0.75 y que tuvieran una $P < 0.05$ en al menos una de las pruebas estadísticas realizadas por MaxEnt para validar el modelo (Pawar *et al*., 2007).

Priorización de Áreas de Conservación

El software ConsNet (Ciarleglio *et al*., 2009), fue utilizado para la selección de áreas prioritarias de conservación. Los algoritmos utilizados en ConsNet son diseñados para seleccionar áreas con base en la presencia de taxones geográficamente raros y complementariedad, con el objetivo de representar la mayor diversidad posible, en un área mínima. En el procedimiento se da prioridad a los atributos de rareza y riqueza de cada una de las celdas en la región seleccionada. Subsecuentemente se adicionan celdas a la red con base en los siguientes niveles de rareza, complementariedad y adyacencia (Ciarleglio *et al*., 2009).

Se generó una solución de prioridades de conservación utilizando los modelos de nicho de especies de mamíferos, proyectados a espacio geográfico como distribución potencial de cada una de las especies, y se seleccionó 10% de dicha distribución como meta de conservación. El conjunto de áreas seleccionadas fue comparado con las áreas protegidas por decreto y también se analizó la proporción que coincide con vegetación natural remanente.

Resultados

El conjunto de instrumentos de conservación analizados cubre una extensión territorial de más de 56% del estado de Guanajuato. De este porcentaje es notorio que una proporción elevada corresponde a territorio que ya ha sufrido algún proceso de deforestación (cuadro 1, figura 1). Sin embargo, el área protegida mediante decreto presenta un buen escenario, pues alcanza 16% del

territorio estatal y conserva la mayor proporción de hábitat natural remanente respecto a los demás instrumentos (75%). Por otro lado, el área prioritaria de conservación propuesta por la Conabio (Koleff *et al.*, 2009) abarca cerca de 25% del estado, pero, a su vez, es la propuesta de conservación que incluye la mayor proporción de área deforestada (43%) (cuadro 1).

Modelos de nicho

Se obtuvieron modelos de nicho estadísticamente robustos para 79 especies, los cuales fueron utilizados como base para obtener las prioridades de conservación.

Selección de Áreas de Conservación

Se seleccionó como área prioritaria de conservación para mamíferos 8.7% de la superficie del estado. La proporción de área de estos sitios, que coincide con áreas con vegetación remanente, es sólo de 38%, lo que lo sitúa en la propuesta de conservación de menor área con vegetación remanente de todas las analizadas. Adicionalmente, sólo 13% de las zonas prioritarias coincide con áreas que se encuentran protegidas bajo decreto (cuadro 1, figura 2).

Discusión

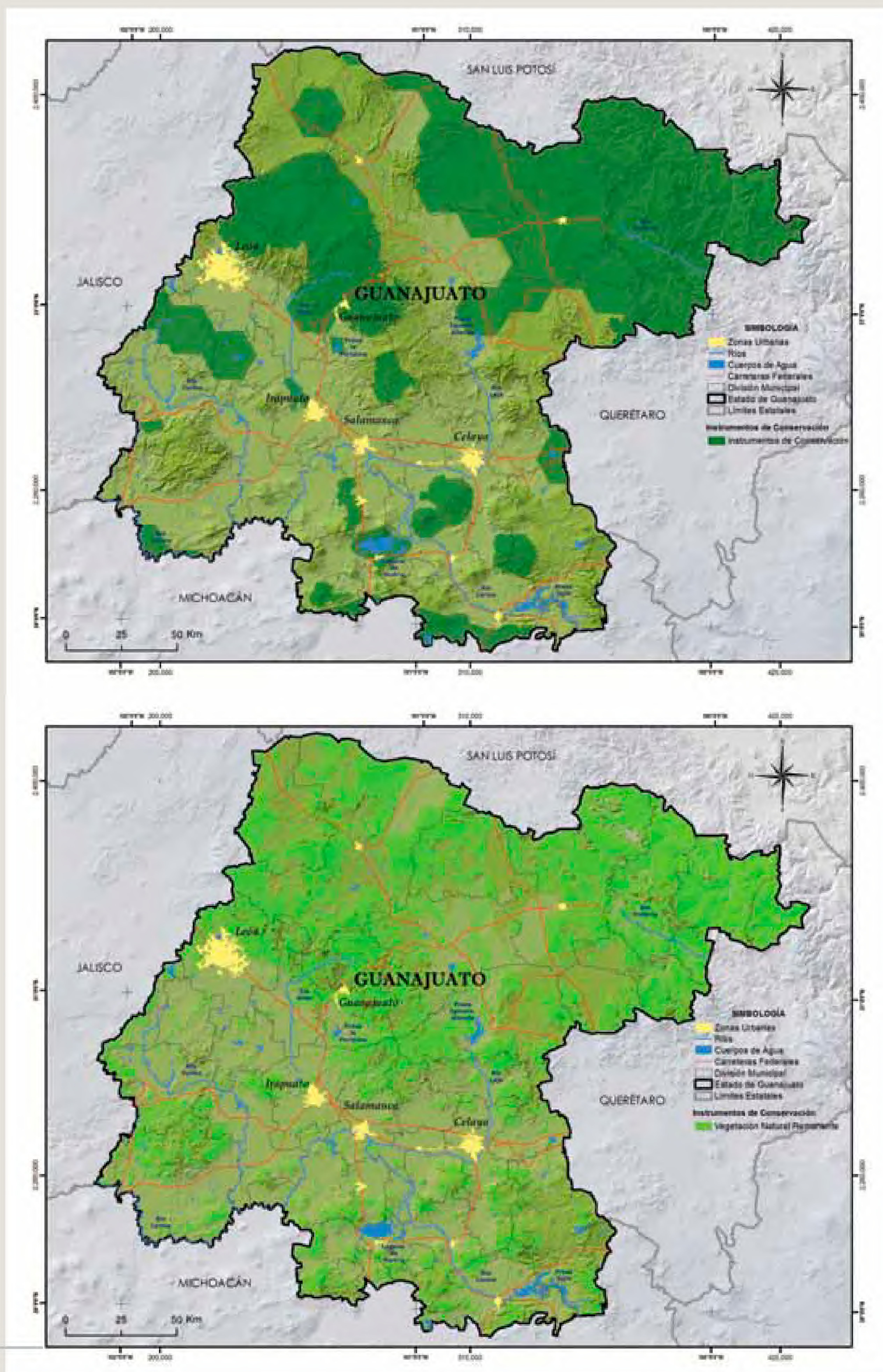
Es notoria la elevada proporción de área que ocupa el conjunto de instrumentos de conservación que han sido propuestos a nivel estatal en Guanajuato, aún cuando se consideraba un estado con poca biodiversidad. Esta situación pone en evidencia que los esfuerzos a nivel nacional e internacional por establecer zonas que protejan la diversidad ante las actividades humanas han sido muchos. Sin embargo, también es una evidencia de que estos esfuerzos no han sido planeados de manera coordinada ni mediante una metodología única.

Aun cuando los sitios prioritarios propuestos por la Conabio (Koleff *et al.*, 2009) fueron realizados bajo un esquema de planeación sistemática de conservación e incluyen distintos grupos taxonómicos (plantas y vertebrados), los autores mencionan que la escala a la cual fue realizado y las unidades empleadas (hexágonos de 256 km) hacen de este un trabajo de referencia, lo que pone de manifiesto la necesidad de realizar otros ejercicios de conservación a escala más fina (nivel estatal).

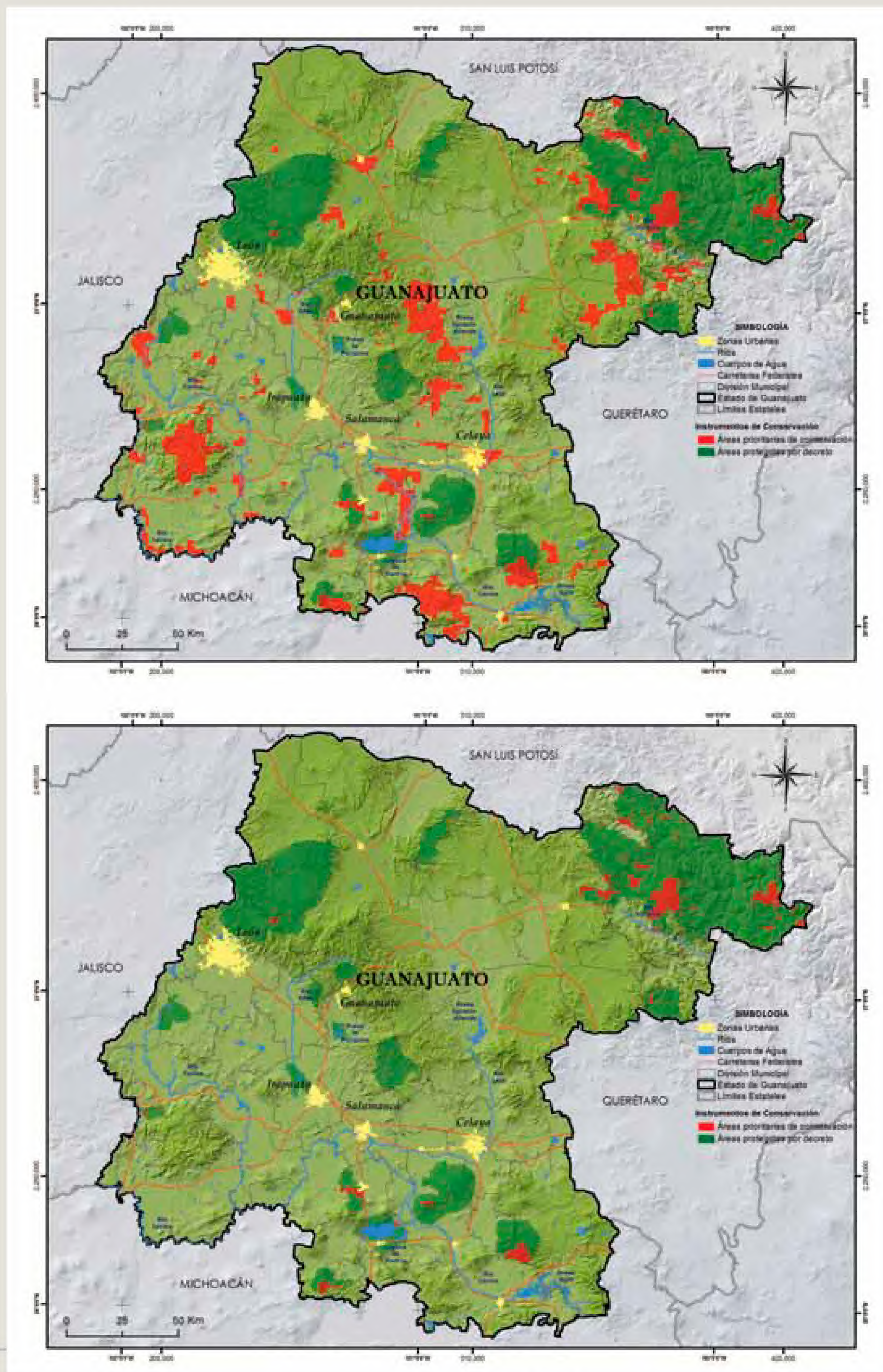
Los resultados indican una proporción elevada de área que ya ha sido decretada para conservación en la entidad. Es un aliciente notar que más de 75% de esta área está compuesta por vegetación natural remanente. Sin embargo, estos datos provienen de imágenes satelitales de los años 2002 y 2003, por lo que es necesario realizar un análisis con datos más recientes y, aun suponiendo que la proporción de hábitat remanente en las áreas protegidas decretadas sea muy parecida a la usada en este análisis, se debe destacar que tanto las prioridades de conservación realizadas por Koleff *et al.* (2009), como las presentadas en este trabajo, no coinciden más que parcialmente con las áreas protegidas del estado (únicamente 13% del área prioritaria para la conservación de mamíferos, coincide con AP). Esto refleja que podría existir un importante componente de la biodiversidad en el estado que se encuentre sin protección.

Más preocupante es que para realizar este ejercicio sólo se incluyeron a los mamíferos terrestres como subrogados o sustitutos para el análisis de la biodiversidad, por lo que es posible que la inclusión de otros grupos biológicos modifique las áreas seleccionadas; es importante, entonces, la inclusión del mayor número de taxa con información disponible. Asimismo, se debe realizar un análisis en el que se incluyan *a priori* las áreas que ya se encuentran protegidas mediante cualquier tipo de instrumento (gubernamental o privado) y, de preferencia, excluir zonas que por su grado de perturbación o intereses adversos sean prácticamente imposibles de manejar (por ejemplo, zonas agrícolas extensivas y de alto impacto).

Por todo lo anteriormente dicho se puede concluir que es importante: 1) incrementar el esfuerzo de los inventarios en campo, 2) generar una propuesta de conservación que utilice la información del mayor número de subrogados estimados posibles (por ejemplo vertebrados, invertebrados y plantas), y 3) que incluya *a priori* las áreas protegidas actuales y todos aquellos



Figuras 1A y 1B. Conjunto de instrumentos de conservación propuestos para el estado de Guanajuato en verde oscuro (A) y zonas con vegetación natural remanente que se conservan en el estado en verde limón (B).



Figuras 2A y 2B. Áreas protegidas por decreto en color verde y áreas prioritarias de conservación (propuestas en este trabajo) en rojo. La figura A presenta la totalidad de áreas y la figura B presenta aquellas coincidentes.

Cuadro 1. Proporción de área que los diferentes instrumentos de conservación ocupan respecto al estado de Guanajuato y proporción de área con área natural remanente con que cada uno de estos instrumentos de conservación cuenta.

Instrumento de conservación	Proporción de área respecto al estado	Proporción de área con vegetación natural remanente
AICA	3.27	60.10
AP	16.40	75.60
AP-Conabio	25.72	56.19
KBA	4.56	64.36
RTP	6.97	69.19
APM	8.68	38.13

instrumentos de conservación que actualmente estén funcionando, como podrían ser las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) y reservas de carácter privado. Adicionalmente, la selección de sólo aquellas zonas que actualmente presenten un escenario con vegetación natural remanente o cultivos que cualitativa y cuantitativamente significan un bajo impacto en la biodiversidad, sería fundamental para generar una propuesta de conservación que sea efectiva y operacional.

Agradecimientos

Francisco Botello agradece al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM y al Conacyt (CVU 48454).

Literatura citada

Arizmendi, M.C. y L. Márquez. 2000. *Áreas de importancia para la conservación de las aves en México*. México, Consejo Internacional para la Preservación de las Aves en México (Cipamex).

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar *et al.* (coords.). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Escala de trabajo 1:1 000 000. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

Ciarleglio, M., J.W. Barnes y S. Sarkar. 2009. “ConsNet: new software for the selection of conservation area networks with spatial and multi-criteria analyses”, *Ecography* **32**: 205-209.

Egbert, S.L., A.T. Peterson, V. Sánchez-Cordero *et al.* 1999. “Modeling conservation priorities in Veracruz, Mexico”, en S. Morain, (ed.), *GIS Solutions in Natural Resource Management*. Santa Fe, Nuevo México, OnWord Press, pp. 141-150.

GBIF (Global Biodiversity Information Facility). 2008. En *http://www.gbif.org/*, última consulta diciembre de 2008.

GEG (Gobierno del Estado de Guanajuato). 2010. En *http://ecologia.guanajuato.gob.mx*, última consulta octubre de 2010.

Gurrola, M.A., P. Escalante, A. López *et al.* 2012. “Aves” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2005. *Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación*, escala 1:250 000, serie 3 continuo nacional.

Koleff, P., M. Tambutti, I.J. March *et al.* 2009. “Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México” en *Capital Natural de México,* vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. México, Conabio, pp. 651-718.

Langhammer, P.F., M.I. Bakarr, L.A. Bennun *et al.* 2007. *Identification and gap analysis of key biodiversity areas: Targets for comprehensive protected area systems*. Gland, Switzerland, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

Manis (Mammal Networked Information System). 2008. *http://manisnet.org/*, última consulta diciembre de 2008.

Margules, C.R. y R.L. Pressey. 2000. “Systematic Conservation Planning”, *Nature* **405**: 243-253.

——— y S. Sarkar. 2009. *Planeación sistemática de la conservación* México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)/Conabio (trad. V. Sánchez-Cordero y F. Figueroa, original en inglés 2007).

Myers, N. 1998. “Global biodiversity priorities and expanded conservation policies”, en G. Mace, A. Balmford y J. Ginberg (eds.), *Conservation in a changing world*. Cambridge, UK, Cambridge University Press, pp. 273-285.

Pawar, S., M.S. Koo, C. Kelleya *et al.* 2007. "Conservation assessment and prioritization of areas in Northeast India: Priorities for amphibians and reptiles", *Biological Conservation* 136: 346-361.

Peterson, A.T., S.L. Egbert, V. Sánchez-Cordero *et al.* 2000. "Geographic analysis of conservation priority: endemic birds and mammals in Veracruz, México", *Biological Conservation* **93**: 85-94.

Phillips, S.J., M.Dudík, y R.E. Schapire. 2004. "A maximum entropy approach to species distribution modeling", en *Proceedings of the 21 st. International Conference on Machine Learning*, Nueva York, ACM Press, pp. 655-662.

———, R.P. Anderson y R.E Schapire. 2006. "Maximum entropy modeling of species geographic distributions", *Ecological Modelling* **190**: 231-259.

POGEG (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato). 2001. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida en la categoría de Parque Ecológico, la zona conocida como Lago-Cráter La Joya, del municipio de Yuriria. Declaratoria en el número 16, segunda parte del 23 de febrero de 2001.

Sánchez-Cordero, V., M. Murguía y A.T. Peterson, 2004. "GIS-based predictive biogeography in the context of conservation". en M. Lomolino y L. Heaney (eds.), *Frontiers in biogeography*. Sinauer Press, pp. 311-323.

Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2007. Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la zona conocida como Sierra Gorda de Guanajuato localizada en los municipios de Atarjea, San Luis de la Paz, Santa Catarina, Victoria y Xichú, en el Estado de Guanajuato. Publicada el 2 febrero.

———. 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de Diciembre de 2010.

Sánchez, O., C. Elizalde-Arellano, J.C. López-Vidal *et al.* 2012. "Mamíferos silvestres", en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).

Toledo, V.M., J. Carabias y C. González-Pacheco. 1989. *La producción rural en México*. Alternativas Ecológicas. Fundación Universo Veintiuno.

Unibio (Unidad de Informática para la Biodiversidad). 2008. En *www.unibio.ibiologia.unam.mx/*, última consulta diciembre de 2008.

GRUPO ECOTURÍSTICO EL PLATANAL, XICHÚ, SIERRA GORDA GUANAJUATO



Luis Sáenz Villa | Ramón Cecaira-Ricoy

Introducción

La comunidad El Platanal se localiza en la Sierra Gorda de Guanajuato, a varias horas de terracería desde la cabecera municipal, Xichú (Inegi, 2000).

Esta comunidad está constituida por algunas docenas de familias. La topografía del lugar está llena de veredas sinuosas y pendientes pronunciadas. A escasos cientos de metros montaña abajo, fluye el río Santa María (Inegi, 2000), el cual ha sido históricamente una fuente de recursos alimenticios y sitio de recreación. El río ha permanecido a lo largo de los años en un aparente buen estado de conservación con aguas limpias y vegetación ribereña saludable. En los meses de sequía el agua toma coloraciones azul turquesa con una corriente bastante apacible para disfrutar de él (figura 1).

En una curva natural que forma el río, existe una playa, la cual ha sido utilizada como sitio de recreación. Cabe mencionar que durante la semana santa la zona llega a recibir en promedio hasta 500 personas por día. La idea de generar un grupo ecoturístico surge de la necesidad de evitar la contaminación del río y la vegetación aledaña, así como generar recursos para la comunidad. En un inicio se comenzó con una tiendita improvisada, vigilancia del lugar y recolección de los desechos de basura dejados por los paseantes en periodos vacacionales. En julio de 2007 inicia formalmente el proyecto al convocarse una reunión ejidal (con participación de ejidatarios de El Roblar, El Salviar, Puerto Buena Vista, Majada, Cocos y Platanal). Al proyecto se integraron 24 personas, se formaron las comisiones y se designó a un presidente del grupo. El objetivo principal del proyecto fue el desarrollo sostenible y el ecoturismo.

Desde esa fecha se comenzó a trabajar para generar instalaciones 100% ecotécnicas. Actualmente está terminada una cabaña para alquiler con dos recámaras, baño y estancia. Se están terminando cinco baños aledaños a la cabaña, acoplados a un biodigestor (en proceso de construcción). Una palapa de usos múltiples complementa la funcionalidad del lugar (figuras 2 a 4).

La energía está siendo suministrada por foto celdas y aspas eólicas (figura 5). El lugar cuenta con una cocina terminada y tiene una estufa ahorradora tipo “Lorena”. Al lado de la cocina se erige la cooperativa del grupo ecoturístico, en la cual se ofrecen alimentos, bebidas y recuerdos del lugar como playeras y artesanías elaboradas por la misma cooperativa comunal (figura 6 y 7). La basura es separada y llevada a la planta de reciclaje en Xichú.

El proceso para el desarrollo del proyecto ha sido arduo, ya que ha requerido de mucho esfuerzo, tiempo y participación de sus integrantes. Actualmente, de los 24 miembros fundadores, sólo queda la mitad de ellos, debido en parte a la demanda de recursos humanos y materiales del proyecto. Como ejemplo se puede mencionar que dentro de las múltiples funciones de las diferentes comisiones, está el cuidado del campamento, el cual es resguardado por un miembro del grupo en turnos de 72 horas.

El proyecto ha incluido en su desarrollo el acondicionamiento de un camino de terracería permanente para permitir el acceso en vehículo hasta el campamento. Se están afinando los detalles eléctricos de las fotoceldas y las aspas eólicas. Sin embargo, todavía faltan elementos importantes como es el estudio de capacidad de carga del sitio, en aras de buscar una certificación verde, así como también recursos para gestionar y promocionar el sitio a nivel nacional e internacional. Asi mismo el proyecto cuenta con un criadero de peces con especies nativas del río para ofrecerlos a

Sáenz Villa, L. y R. Cecaira Ricoy. 2012. “Grupo Ecoturístico El Platanal, Xichú, Sierra Gorda Guanajuato” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp .413-416.



Figura 1. Vista elevada del río Santa María y zona que ocupa el campamento ecoturístico (fotografía de Ramón Cecaira-Ricoy).



Figura 2. Palapa de usos múltiples (fotografía de Luis Sáenz Villa).



Figura 3. Cabaña en proceso de construcción (fotografía de Luis Sáenz Villa).



Figura 4. Proceso de construcción del biodigestor (fotografía de Luis Sáenz Villa).



Figura 5. Aspas eólicas para la generación de electricidad (fotografía de Luis Sáenz Villa).



Figura 6. Cooperativa del grupo ecoturístico (fotografía de Ramón Cecaira-Ricoy).



Figura 7. Artesanía elaborada por la cooperativa (fotografía de Coatlicue García Jiménez).

los turistas y evitar la extracción de fauna del río. Por último, cabe destacar que el campamento ecoturístico ha fungido en varias ocasiones como Estación Biológica provisional para los grupos de científicos que realizan proyectos en la zona.

Agradecimientos

El grupo ecoturístico El Platanal, agradece el apoyo del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, la Secretaría de Desarrollo Social, el Fomento Económico de la Presidencia Municipal de Xichú y a la Presidencia Municipal Xichú.

Literatura citada

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2000. *Carta Topográfica 1:50000 Xichú F14C36*. Guanajuato.

EMPLEO DE UN SISTEMA BIOLÓGICO DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES GENERADOS POR LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURÍA EN LEÓN



Juan Ramiro Pacheco-Aguilar | Juan José Peña-Cabriales | José Alfredo Rosas-Barajas
María Maldonado-Vega

Introducción

La industria del curtido de pieles bovinas y de cerdos en México ha sido una labor continua durante tres centurias en León, Guanajuato. Es una actividad pujante económicamente, aun con los altibajos de un sector productivo en un contexto de globalización. Sus efectos al medio ambiente no fueron vislumbrados en lo inmediato pero a través de los años el trastorno es claro (Kato, 2001). Se estima que el gasto de agua anual para el curtido de pieles conservadas en sal, es de alrededor de 1 060 000 m^3, considerando el procesamiento de 5 millones de pieles en 650 curtidurías (Álvarez *et al.*, 2004; CIATEC, 2009). Aunado al gasto de agua, para el proceso del curtido se estima, además, el uso anual de 6 000 t de sulfato de cromo (CIATEC, 2004; Rosas, 2006). El cuero curtido es utilizado como suela y corte para elaborar zapatos, ropa, gorras, bolsas, cinturones, muebles, tapicería automotriz, etcétera. Por lo que los efluentes generados del proceso de curtido contendrán diversos componentes químicos que dependerán del producto obtenido. Por ejemplo, para la producción de suela prevalecerán en los efluentes los curtientes vegetales, alta coloración, sólidos suspendidos y alta acidez; mientras que para el curtido al cromo, el efluente contendrá una alta demanda química de oxígeno, alto contenido de cromo, magnesio y cloruros. Ambas descargas resultan ser altamente contaminantes, ya que ningún organismo de la fauna animal y plantas las toleran.

Alternativas para reducir la contaminación

Las continuas descargas de los efluentes generados por la industria de la curtiduría que no reciben un tratamiento adecuado han provocado un deterioro progresivo de los acuíferos de la región, tal es el caso de la presa de San Germán, donde se ha detectado la presencia de metales como selenio (3.42 mg l^{-1}), cromo (1.90 mg l^{-1}) y plomo (3.97 mg l^{-1}), altas concentraciones de sulfuros (36 mg l^{-1}) y materia orgánica (DBO_5 1920 mg $O_2 l^{-1}$). Estos contaminantes han alcanzado los mantos acuíferos, constituyendo un riesgo para la salud humana, considerando también el uso del agua de esta presa para el riego agrícola.

Los efluentes generados por la industria de la curtiduría (tipo II) que llegan a los acuíferos poseen en promedio las características que se muestran en el cuadro 1. Aunque los efluentes del curtido (tipo I) reciben un tratamiento de precipitación para la recuperación del cromo, este no aplica para la reducción de los demás contaminantes. Encontrando que, al final, el efluente de descarga posee parámetros mayores a los permitidos por las nomas.

Ante esta problemática, en curtidurías como La Europea se han aplicado alternativas viables tales como el uso de humedales artificales para reducir los contaminantes (figura 1). Los humedales son sistemas biológicos conformados por plantas acuáticas, las cuales promueven el desarrollo de microorganismos *in situ* que participan activamente en el ciclo de los nutrientes, contribuyendo a la degradación de la materia orgánica y contaminantes a través de diversos procesos físicos, químicos y biológicos como la absorción, oxidación, aireación, precipitación, transformación y acumulación, entre otros (Stottmeister *et al.*, 2003). Algunas poblaciones microbianas que han sido reportadas incluyen desnitrificantes, metanogénicas, ferroxidantes y sulfato reductoras entre otras (Jenneman y Gevertz 1998; Kucuk *et al.*, 2003). La plantas que han sido empleadas para la construcción de los humedales incluyen al junco (*Scirpus americanus)* y al tule (*Typha* sp.). En estos sistemas de humedales al-

Pacheco Aguilar J.R., J.J. Peña-Cabriales, J.A. Rosas-Barajas, *et al.* 2012. "Empleo de un sistema biológico de humedales artificiales para la reducción de contaminantes generados por la industría de la curtiduría en León" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado. México.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 417-420.

Cuadro 1. Características fisicoquímicas de los efluentes de curtido comparadas con los límites permitidos por la NOM-001-SEMARNAT-1996 (Semarnat, 2003 y la NTE-CCA-021/88 (Sedue, 1989).

Parámetro	Efluentes de la curtiduría		
	Tipo I	Tipo II	Límites permitidos
pH	3.9	6.3	6.0 a 9.0
Cr total (mg/l)	24.0	7.0	2.5
Cr^{+6} (mg/ml)	0.006	0.002	0.05
Sólidos totales (mg/l)	62 642.0	12 519.0	350
Conductividad (µS/cm)	783.0	958.0	5 000
Cloruros (mg/l)	18.0	12.5	70
DQO (mg de O2/l)	7 898.0	8 250.0	300
DBO5 (mg de O2/l)	575.0	865.0	250-300
Sulfuros (mg/l)	14.5	13.1	1

Tipo I. Efluente inmediato obtenido después del proceso de curtido. Tipo II. Efluente final de descarga al arroyo federal previa precipitación del cromo. Fuente: Álvarez *et al.*, 2004

gunas variables importantes de control son el flujo de entrada y salida del efluente, además del tiempo de retención hidráulica, los cuales dependen del volumen a tratar y de la carga contaminante (Pacheco *et al.*, 2008).

El humedal construido en la tenería La Europea ha resultado muy eficiente en la remoción de contaminantes como el cromo (99.7%), sulfatos (88.1%), sulfuros (99.9%) y materia orgánica (DBO5: 95.5%), entre otros componentes, haciendo que los parámetros cumplan con lo establecido por las Normas Oficiales Mexicanas y logrando disminuir el efecto dañino al ecosistema.

La interacción planta-microorganismo es esencial para este proceso de biorremediación. En la ecología microbiana del humedal de estudio se han encontrado diversas poblaciones que incluyen bacterias del ciclo del azufre, principalmente sulfato reductoras (BSR) y sulfuro oxidantes (BSO), así como bacterias que asimilan nitrógeno y otras que lo transforman para su liberación al medio ambiente (Peña *et al.*, 2007a, b). En la figura 2 podemos observar la abundancia de las poblaciones de BSR y bso a través del humedal, las BSR se encuentran en el orden de cuatro a seis (expresado como el log ufc), mientras que las BSO en el orden de dos a cinco. Estas fluctuaciones se encuentran relacionadas a la disponibilidad de nutrientes, así como a la transformación de los contaminantes. Ambas poblaciones (BSR y BSO) son de interés ambiental ya que regulan la presencia de sulfuros en el efluente, como puede observarse al final del tratamiento la concentración de sulfuros disminuye debido probablemente a la oxidación por las BSO y al aumento en el oxígeno disuelto llevado a cabo por las plantas.

Un análisis bioquímico y molecular indica que las BSO presentes en el sistema de humedales poseen capacidades para oxidar y utilizar compuestos reducidos del azufre, además de su amplia diversidad metabólica, ya que participan activamente en los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y azufre (Pacheco *et al.*, 2008).

El empleo de humedales constituye una alternativa tecnológica viable para el tratamiento de efluentes provenientes de las empresas de la curtiduría en León. Aún faltan estudios que permitan conocer el tiempo de vida media de estos sistemas biológicos y su adaptación a efluentes de otras industrias.

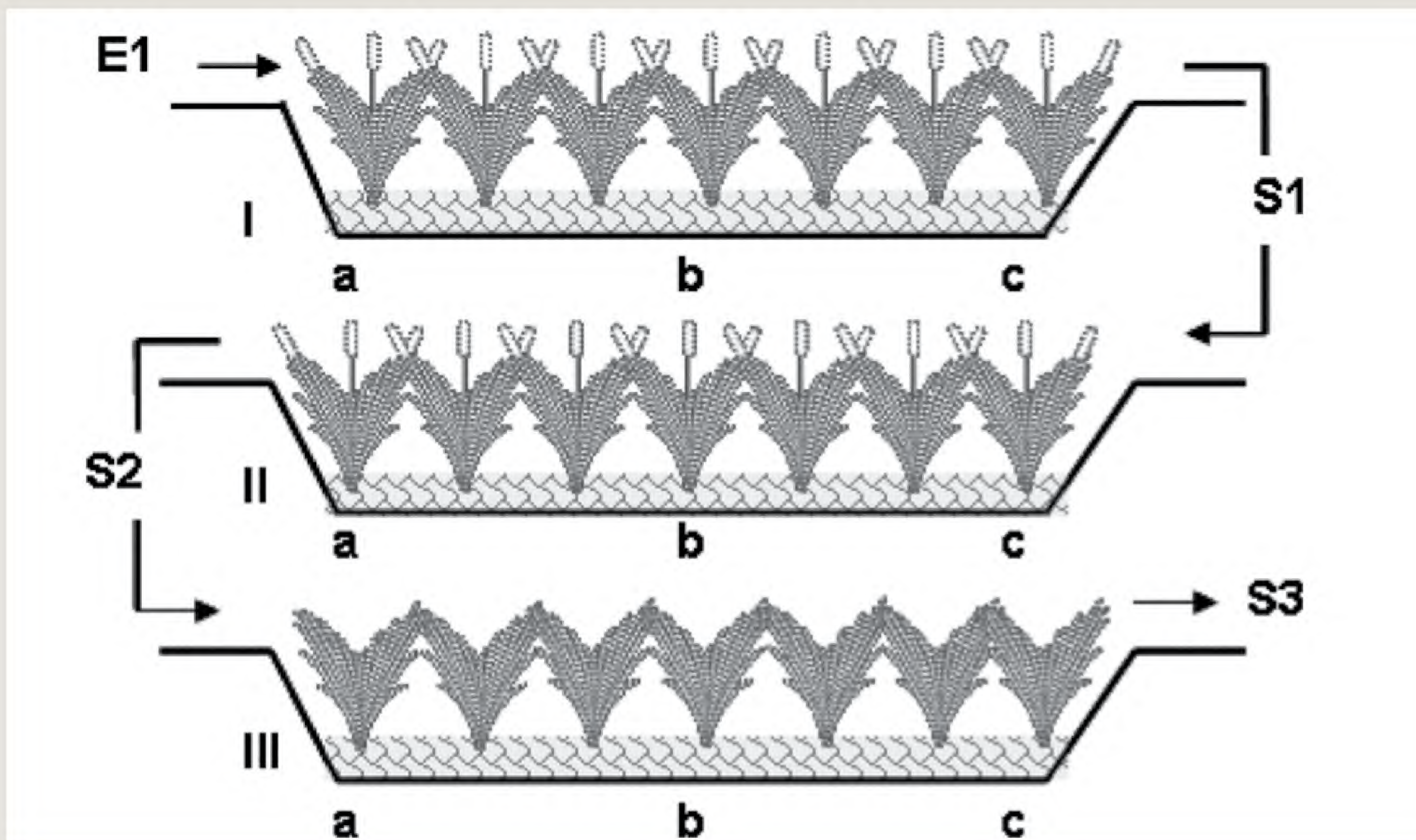


Figura 1. Diagrama de un humedal artificial construido para el tratamiento de efluentes de la curtiduría con alto contenido de sales, cromo y compuestos sulfurados. El sistema está conformado por tres celdas donde fueron adaptadas plantas de junco y tule. E1, S1, S2 y S3 corresponden a la entrada y salidas de las tres celdas; **a**, **b** y **c** son puntos de muestreo para el análisis microbiológico.

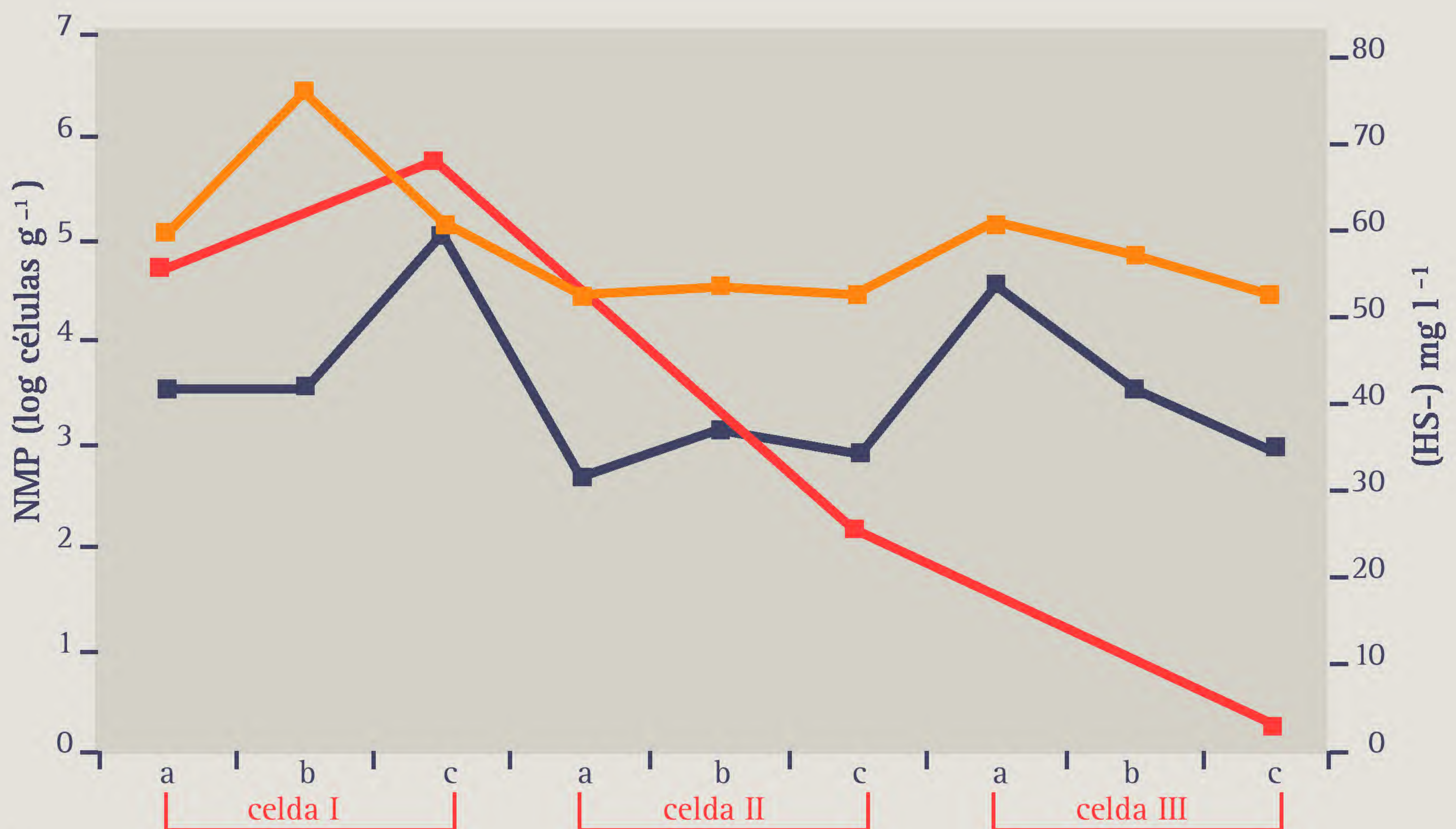


Figura 2. Abundancia de las poblaciones de bacterias sulfato reductoras (—BSR), bacterias sulfuro oxidantes (—BSO) y concentración de sulfuros (—HS^-) a través del humedal construido para el tratamiento del efluente proveniente de la curtiduría.

Literatura citada

Álvarez, S.G., M. Maldonado y P. Kuschk. 2004. "Caracterización de agua residual de curtiduría y estudio de lirio acuático en la recuperación de cromo", *Información Tecnológica* **15**: 75-80.

CIATEC (Centro de Investigación Aplicada en Tecnologías Competitivas). 2004. Informe Técnico de la calidad del efluente durante el proceso de curtido en la tenería "La Europea". León, Guanajuato, México.

———. 2009. Área de Inteligencia Competitiva con Información de Inegi. Secretaría de Economía.

Jenneman, G.E. y D. Gevertz. 1998. *Identification, characterization and application of sufide-oxidizing bacteria in oil fields. Microbial biosystems: New frontiers. Procedings of the 8th international symposium on microbial Ecology.*

Kato, E. 2001. *Sustentabilidad del desarrollo industrial en la cuenca del río Turbio basada en la capacidad de carga contaminante.* Guanajuato, México, CIATEC.

Kucuk, O.S., F. Sengul e I.K. Kapdan. 2003. "Removal of ammonia from tannery effluents in a reed bed constructed wetland", *Water Science and Technology* **48**: 179-186.

Pacheco, J., J. Peña y M. Maldonado. 2008. "Indentification and characterization of sulfur-oxidizig bacteria in an artificial wetland that treats wastewater from a tannery", *International Journal of Phytoremediation* **10**: 359-370.

Peña, J., A. Mauricio y M. Maldonado. 2007a. *Removal of metals by rhizospheric bacteria of Scirpus americanus present in a contaminated pond in central México.* 10th International Symposium on Wetland Biogeochemistry. Annapolis, Maryland. EUA.

———, J. Pacheco y M. Maldonado. 2007b. *Microbial Populations involved in sulphur transformations in a constructed wetland treating wastewater from tannery industry.* 10th International Symposium on Wetland Biogeochemistry. Annapolis, Maryland. EUA.

Rosas, A. 2006. Información estadística. CIATEC, comunicación personal.

Sedue (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología). 1989. Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-021/88. Gaceta Ecológica, agosto de 1989.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2003. NOM-001-SEMARNAT-1996. Diario Oficial de la Federación (DOF), 23 de abril de 2003.

Stottmeister, U., A. Wiebner, P. Kuschk *et al*. 2003. "Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment", *Biotechnology Advances* **22**: 93-117.

CONSERVACIÓN DE SUELOS



Dora María Reyes Ríos | Juan T. Frías Hernández | Luis Parra Negrete

Introducción

La conservación y preservación de los recursos naturales ha alcanzado en la actualidad una gran importancia en el mundo, debido a la degradación alarmante de nuestro planeta lo que, a su vez, ha incrementado la magnitud de fenómenos como inundaciones y sequías consecuencias del calentamiento global (IEE, 1999b). Sin duda alguna el suelo es uno de los recursos naturales que ha sido afectado.

El estado de Guanajuato está conformado por llanuras interrumpidas por serranías volcánicas aisladas, también resaltan altas y pequeñas sierras escarpadas, llanos, lomeríos, barrancas profundas, valles y lagos, además cuenta con terrenos planos donde destaca la agricultura (IEE, 1999a). Por otra parte, el clima es semiseco en la zona del altiplano, templado en las partes medias y altas de las serranías, y semicálido en toda la zona del Bajío, condiciones naturales que contribuyen de algún modo a la erosión o pérdida del suelo (IEE, 1999*a*).

Por el cambio de uso del suelo hacia la agricultura, el sobrepastoreo, la tala inmoderada, los incendios, etcétera, Guanajuato es uno de los estados de la República Mexicana con mayor índice en la pérdida de vegetación nativa y, por resultado, erosión de suelo, según estimaciones del Instituto de Ecología. El estado ocupa el cuarto lugar a nivel nacional con superficie erosionada, 64.74% de su territorio, equivalente a casi 2 000 000 de ha con problemas en diferentes grados de erosión, de las cuales 19.63% (600.77 ha) se encuentran en etapas avanzadas (IEE, 1999b; citado por Porras, 2002).

Suelo y erosión

Los suelos están formados por la combinación de cinco factores: material parental (roca que le dio origen), clima, topografía, organismos vivos y tiempo. Sus componentes son material mineral, materia orgánica, agua y aire.

Del suelo dependen la agricultura, la ganadería, los bosques y, en general, toda la biodiversidad; además, es el medio que filtra y purifica el agua, de la que dependen prácticamente todas las actividades productivas (Porta *et al*., 1999).

El concepto de *erosión* proviene del latín erosio (roedura) que consiste en la pérdida gradual del material que forma un suelo, al ser arrastradas las partículas en la medida que van quedando en la superficie (disgregadas, arrancadas y transportadas) y depositadas en otros lugares (Porta *et al*., 1999) (figuras 1 y 2).

La erosión de suelo es un proceso natural, su intensidad y velocidad varía según la zona y en función del clima, topografía y la intervención del hombre. Un suelo con cubierta vegetal y consciente intervención del hombre queda protegido de la acción directa del agua y el viento (Porras, 2002). La pérdida del suelo más frecuente es por erosión hídrica (causada por la lluvia) y la eólica (ocasionada por el viento). La figura 3 muestra la imagen de un suelo de Guanajuato con problemas de erosión importantes, donde se observa la escasa cubierta vegetal.

En el estado de Guanajuato, desde hace varios años se realizan diagnósticos con el enfoque de microcuencas hidrográficas y se formulan planes de conservación. Hasta el momento los proyectos han estado a cargo de varías instituciones como la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SDA), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), la Universidad de Guanajuato y las presidencias municipales.

Se ha dividido la superficie del estado por microcuencas hidrográficas con un total de 2 400

Reyes Ríos, D. M., J.T. Frías Hernández y L. Parra Negrete. 2012. "Conservación de suelos " en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 421-429.



Figura 1. Suelos con problemas de erosión ubicados en el cerro del Cubilete en Silao (fotografía de Óscar Báez Montes).



Figura 2. Suelos con problemas de erosión ubicados en los límites de San Luis de la Paz y Xichú (fotografía de Sergio Zamudio Ruiz).



Figura 3. Suelos de Guanajuato con importantes problemas de erosión. Se observa la escasa cubierta vegetal (fotografía de Luis Parra Negrete).

unidades, lo que representa un enorme trabajo para el diagnóstico y las actividades de conservación en cada una de ellas. Actualmente se cuenta con esta información en varios municipios y se ha decidido trabajar a nivel de subcuenca para generar diversas líneas de trabajo, como propuestas de manejo, conservación y rehabilitación de los recursos naturales, las que al ser retomadas por técnicos operativos puedan conducir de una forma más fácil y rápida a la planeación y participación de las comunidades rurales localizadas en zonas con problemas de suelo.

Un exitoso programa de conservación de suelos dependerá de la correcta identificación de los problemas erosivos, un buen planteamiento de objetivos, así como la disposición de los actores involucrados para la realización del proyecto.

Las estrategias para controlar la erosión son tan importantes como la capacidad de los técnicos para desarrollar las estructuras necesarias, también es esencial la correcta definición de las áreas con mayores riesgos de erosión y como consecuencia los principales orígenes de sedimentos. El sistema de conservación debe estar estrechamente relacionado con la naturaleza del problema erosivo (Becerra, 2005).

Métodos mecánicos para controlar la erosión

Existen varios métodos para controlar el movimiento del agua y del viento sobre la superficie del suelo. La decisión de emplear uno u otro depende del objetivo, por ejemplo, si se pretende reducir la velocidad de la escorrentía o del viento, aumentar la capacidad de almacenamiento de agua en la superficie del suelo o evaluar con seguridad los excesos de agua (Morgan, 1997).

En el estado de Guanajuato los métodos mecánicos más empleados para el control de la erosión del suelo y complementados con medidas agronómicas son los siguientes.

1. Cultivo en curvas a nivel. Consiste en hacer los surcos para los cultivos siguiendo el contorno del terreno en dirección transversal al sentido de la pendiente.

2. Cordones a nivel. Son diques de tierra de 1.5 m a 2 m de altura, colocados transversalmente a la pendiente, actúan como una barrera frente a la escorrentía, dividen a la pendiente en secciones de menor longitud, evitan las escorrentías superficiales. Son adecuadas para pendientes de 1 a 7%, es decir, pendientes que bajan de 1 a 7 m cada 100 m.

3. Terrazas. Son taludes de tierra construidos transversalmente a la dirección de la pendiente, para interceptar la escorrentía superficial y transportarla con velocidad no erosiva, hacia una salida adecuada, sirve también para acortar la longitud de la pendiente. Difieren de los cordones a nivel porque son más anchas, varían de 3 a 30 m, espacio suficiente para reforestar con especies arbóreas e inclusive cultivar especies frutales, gramíneas y hortalizas.

4. Canales o zanjas de infiltración. La función es la de conducir e infiltrar el agua de escorrentía al suelo, disminuir la velocidad de erosión a un punto adecuado para su encauce seguro. Sus dimensiones deben ser lo suficientemente anchas para captar el agua de lluvias con un periodo de retorno de 10 años. Los tipos son: zanjas de infiltración, canales de terrazas, cauces enherbados y cercas acomodadas.

5. Estructuras para estabilización. Son importantes en la rehabilitación de terrenos y en el control de la erosión en cárcavas, pequeñas represas generalmente de 0.4 a 2 m de altura, construidas con materiales locales como tierra, tablones y piedras sueltas; se colocan transversalmente a la cárcava para captar sedimentos y reducir la profundidad y pendiente, se les conoce como "gaviones" o muros de contención.

6. Cortinas rompe vientos (cortavientos). Pueden ser pantallas de vegetación (árboles) o

estructuras inertes como muros de piedra. Se colocan perpendicularmente a la dirección del viento erosivo para reducir la velocidad.

En cuanto al modelo agro-silvo-pastoril (figura 4) para la recuperación de suelos degradados en el estado de Guanajuato, consiste en el uso de diversas especies de agave (*Agave* sp.) como plantas "líder", las cuales son colocadas en lugares casi desprovistos de suelo, áreas en las que otras plantas difícilmente podrían prosperar. Una vez establecidos los agaves en campo, se propicia una sucesión vegetal con plantas herbáceas nativas, las cuales se pueden complementar con especies arbóreas hasta lograr la completa recuperación del terreno.

A pesar de que diversas instituciones oficiales hacen importantes esfuerzos para detener y evitar la erosión de suelos en Guanajuato, es un deber y un compromiso social y ecológico de cada guanajuatense, en el campo y la ciudad, contribuir a conservar el suelo. Cómo hacerlo es muy variado y va desde buscar el conocimiento sobre el tema, hasta formar grupos de voluntarios para la plantación de árboles, así como evitar y combatir incendios forestales.

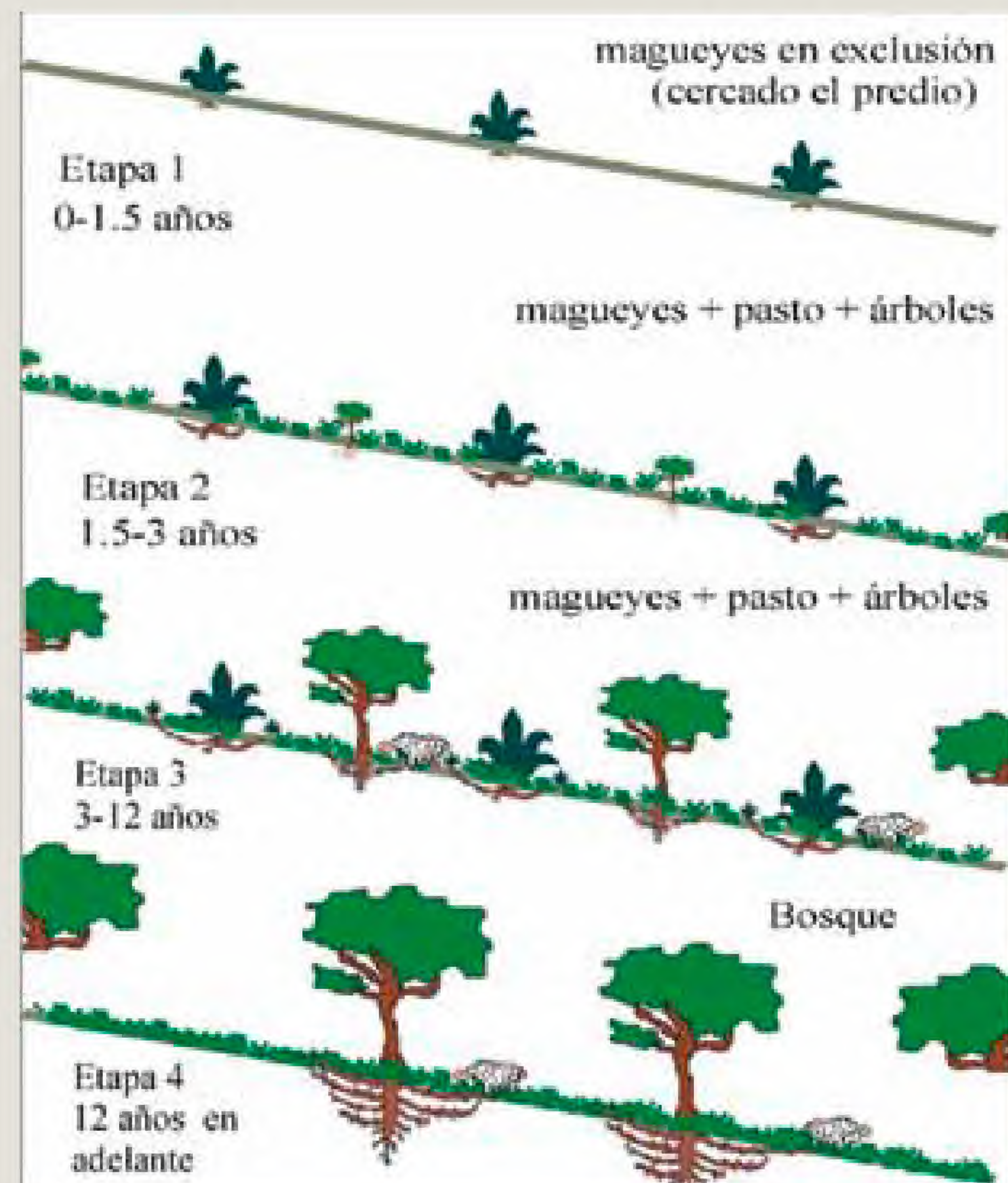


Figura 4. Modelo agro-silvo-pastroril para la recuperación de suelos degradados (Parra y Porras, 2003).

Literatura citada

Becerra, M.A. 2005. *Escorrentía, erosión y conservación de suelos*. Universidad Autónoma de Chapingo.

IEE (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato). 1999*a*. *Informe anual del Instituto de Ecología del estado de Guanajuato*.

———. 1999*b*. *Ordenamiento ecológico del territorio del estado de Guanajuato*. México.

Morgan, R.P.C. 1997. *Erosión y conservación de suelos*. Madrid, España.

Parra, N.L. y M.F. Porras. 2003. "Restauración de suelos degradados utilizando maguey *Agave* spp. como planta líder", en *Memorias del 1er Congreso Universidad de Guanajuato*. Guanajuato, México.

Porras, B.F. 2002. *Los magueyes (Agave spp.) como alternativa de conservación de suelos en la sierra de Pénjamo, Gto.*, tesis de licenciatura, México, Universidad Autónoma Chapingo.

Porta J., C. Roquero y M. López- Acevedo. 1999. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Editorial Mundi-Prensa.

GLOSARIO

Cuenca. Es una zona de la superficie terrestre cuyos escurrimientos drenan hacia un mismo punto de salida. Si exclusivamente se considera a los escurrimientos superficiales, la cuenca se denomina hidrográfica, e hidrológica si incluye también a los subterráneos (Becerra, 2005).

Microcuenca. Es una pequeña cuenca de primer o segundo orden, en donde habitan un cierto número de familias (comunidad) que utilizan y manejan los recursos naturales del área, como el suelo, agua, flora y fauna (silvestre y doméstica) además la producción de cultivos. La microcuenca hidrográfica permite que todos los usuarios del agua de la cuenca que habitan en ella (población y ganaderos), como los externos (pueblos, ciudades, industrias, etcétera) mantengan una relación estrecha con los usuarios directos de la tierra, a través del agua. La percepción de esta relación es fundamental para sentar los principios de pagos por servicios ambientales a escala local.

ALGUNOS PUNTOS A SEGUIR PARA CONTRIBUIR AL DESARROLLO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS FORESTALES



Mario Alberto Villagómez Loza

Introducción

Con la llegada de los conquistadores españoles y su expansión territorial el manejo del recurso forestal cambió drásticamente, toda vez que se desmontaron grandes áreas para la agricultura (Moncayo, 1981). En los reales de minas la actividad de los leñadores era la causa principal de la destrucción y el daño de los bosques, así como la construcción y otras actividades de costumbres españolas. El estado de los montes altos accesibles era desastroso porque los mineros buscaban cortar y obtener madera de grandes dimensiones a toda costa.

Guanajuato no fue la excepción, razón por la que se cuenta con una superficie forestal reducida que, según las cifras del Inventario Nacional Forestal Periódico (INFP), en 1994 arrojaba una superficie forestal de 1 039 454 ha, ocupando el lugar número 25 en el orden de importancia del país, dicha superficie se integra por 412 810 ha de bosques y selvas, además de 626 644 ha de otras áreas forestales (vegetación de zonas áridas, vegetación hidrófila, halófila y áreas perturbadas).

Con respecto a las existencias de madera en pie de bosque, el INFP (1994) registra en la entidad un volumen de 14 627 590 m^3 rollo, que la ubica en el sitio 18 del país y para la madera de selvas reporta 544 674 m^3 rollo de existencias, colocándola en el lugar 26.

De acuerdo con Carranza (2005), 93% de los géneros y 73% de las especies se ubican en la Altiplanicie Mexicana, región que se extiende en más de 90% del territorio de la entidad; aproximadamente tres cuartas partes de los géneros y un poco más de la mitad de las especies se han registrado de la Sierra Madre Oriental, en el noreste, a la que le corresponde una superficie cercana a 5% del total del estado; mientras que del Eje Neovolcánico, que ocupa la menor extensión al sureste de Guanajuato y alrededor de 2% de superficie, se enlistan 44% de los géneros y 28% de las especies, encontrándose aquí la diversidad de especies vegetales más baja.

Protección forestal

En materia de la prevención y el combate de incendios forestales, durante 2010 se reportó a Guanajuato junto con Aguascalientes como los estados que registraron el menor número de incendios (ocho eventos). Para el periodo comprendido del 1° de enero al 4 de noviembre de 2010, Guanajuato ocupó el segundo lugar, dentro del listado de los estados con menor número de incendios, con la menor superficie afectada al presentar únicamente 65 ha afectadas y un indicador de 8.13 ha por incendio (Conafor, 2010). En virtud de lo anterior, se aprecia una tendencia favorable en el balance de la protección forestal, toda vez que el indicador nacional acumulado a 2010 fue de 19.47 ha por incendio.

Especies en riesgo

Glass (1998) establece que dentro del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES), firmado por México para el control del comercio de especies en riesgo de extinción, se reportan para Guanajuato 10 especies de cactáceas (cuadro 1).

Las especies, que sin estar dentro de CITES están reportadas dentro de la norma antes enunciada, se exhiben en el cuadro 2. Las especies registradas en la lista roja de especies amenazadas editada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), se muestran en el cuadro 3.

Otras especies que no figuran en el CITES ni en la norma ni en el listado de la IUCN, se reportan bajo otros estatus de protección por Carranza

Villagómez Loza, M. A. 2012. "Algunos puntos a seguir para contribuir al desarrollo sustentable de los recursos forestales" en La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 425-429.

Cuadro 1. Cactáceas de Guanajuato incluidas dentro del CITES y su categoría dentro del listado de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010).

Nombre científico	Nombre común	Categoría	Distribución	Cultivo
Ariocarpus kotschoubeyanus	Pata de venado Pezuña de venado	Sujeta a protección especial	No endémica	Fácil de cultivar
Astrophytum ornatum	Cactus estrella	Amenazada	Endémica	Fácil de crecer
Hamatocactus uncinatus ssp. *crassihamatus*		Amenazada	Endémica	Es un poco difícil de cultivar
Mammillaria crinita f. zeilmanniana		Sujeta a protección especial	Endémica	Es muy fácil de hacer crecer
Mammillaria fittkaui		Sujeta a protección especial	Endémica	No presenta ningún problema
Mammillaria schwarzii		Sujeta a protección especial	Endémica	Es fácil cultivarla, ya sea a partir de semillas, de injertos o plantando pies.
Strombocactus disciformis ssp. *esperanzae*		Amenazada	Endémica	Sólo a partir de sus pequeñas semillas; crece muy lentamente. Tal vez el cultivo de tejido sea la mejor forma de diseminar esta rara especie

Cuadro 2. Especies incluidas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, registradas en Guanajuato.

Familia	Especie	Categoría	Distribución
COMPOSITAE	*Dahlia scapigera*	Protección especial	Endémica
LEGUMINOSAE	*Albizia plurijuga*	Amenazada	No endémica
LEGUMINOSAE	*Erythryna coralloides*	Amenazada	No endémica
MELIACEAE	*Cedrela dugesii*	Protección especial	No endémica

Fuente: Villaseñor, 2008.

Cuadro 3. Lista roja de especies amenazadas (IUCN).

Nombre científico	Categoría
Juniperus martinezii	Rara
Pinus lumholtzii	Rara
Mammillaria schwarzii	Rara
Mammillaria zephyranthoides	Vulnerable

Fuente: Walter y Gillet, 1998.

(2005) y por Rzedowski y Calderón de Rzedowski (2004, 2008), se presentan en el cuadro 4.

Silvicultura y manejo

Con base en los principios de la dasonomía (disciplina que estudia los bosques, desde los aspectos de su desarrollo hasta su manejo y aprovechamiento), resulta indispensable para cada una de las áreas antes descritas establecer una estrategia de mejoramiento silvícola que permita seleccionar los mejores individuos (árboles élite), de los cuales se realice la colecta de semilla de diversos orígenes geográficos (para la misma especie) y con ello establecer los ensayos de procedencias por especie que permitan seleccionar, para las áreas de vocación forestal del estado (zona noreste, Sierra Madre Oriental y zona sureste del Eje Neovolcánico), las procedencias que mejor se adapten a las zonas definidas para el desarrollo forestal.

De los ensayos de procedencias, la estrategia deriva en la instalación de huertos semilleros, aprovechando las fortalezas de los individuos

Cuadro 4. Especies reportadas bajo otros estatus de protección.

Nombre científico	Nombre común	Estatus
Mandevilla foliosa	chupil, hierba de la cucaracha, hierba del piojo	Especie endémica de México, ampliamente distribuida en los estados de Son., Chih., Sin., Dgo., Gto., Qro., Hgo., Nay., Jal., Mich., Méx., D. F. Mor., Pue., Gro. y Ver.
Sedum moranense	chisme	Elemento endémico del centro de México. S. L. P., Gto., Qro., Hgo., Jal., Mich., Méx., Tlax. y Ver.
Villadia patula		Elemento endémico, escaso y susceptible a la extinción
Quercus crassifolia	encino roble	Amenazado, hábitat transformado por incendios, tala y cultivos
Quercus resinosa	encino amarillo, encino bermejo, encino blanco	Amenazado, hábitat transformado por incendios y tala
Mirabilis aggregata	maravilla	Como se le concibe en su clasificación, la especie es endémica del centro de México. Zac., Gto., Hgo., Méx., D. F. y Pue.
Malva parviflora	juriata eranchi, juriaterango, malva	Exótica naturalizada
Anagallis arvensis	anagálide, anagalis, celosa	Protegida como especie vulnerable (IUCN)
Mimosa aculeaticarpa	garabatillo, gatillo, gatuño	Especie endémica de México, que está representada en la región de estudio por la variedad típica
Ipomoea stans	campanita, espanta lobos, espanta vaqueros	Elemento endémico del territorio mexicano. Coah., S. L. P., Gto., Qro., Hgo., Jal., Mich., Méx., D. F., Pue., Tlax., Ver., Oax.
Evolvulus prostratus	oreja de ratón, xiatu	Elemento endémico de México, cuya distribución se extiende desde el norte hasta el centro del país. Son., Chih., Dgo., Zac., Ags., Gto., Hgo., Jal., Mich., Méx., D. F., Pue., Tlax., Oax.
Nama origanifolium		Es una planta endémica de México, cuya distribución comprende desde el noreste hasta el sur del país. Coah., N. L., S. L. P., Gto., Qro., Hgo., Jal., Pue., Mor., Gro.
Nama spathulatum		Elemento endémico de México, se conoce únicamente del centro del país. Gto., Qro., Hgo., Pue.
Menodora helianthemoides		Especie endémica del centro de México. S. L. P., Gto., Qro., Hgo., Méx., D. F., Pue., Oax.
Achyropappus anthemoides		Dada su rareza la especie es vulnerable a la extinción
Coreopsis guanajuatensis		Elemento aparentemente endémica de la región de estudio. Gto., Qro.
Hybridella globosa		Especie endémica del centro de México. Dgo., Zac., Ags., S.L.P., Gto., Qro., Hgo., Mich., Méx., D. F., Tlax.
Tradescantia brachyphylla		Endémica de México. N.L., S. L.P., Gto., Qro., Pue., Méx.
Tillandsia karwinskyana	paixtle	Endémica de México. N.L., S. L.P., Gto., Qro., Hgo. y Ver.
Senna polyantha	palo fierro, palo macho	Taxón endémico a México pero de distribución disyunta con cuatro áreas aparentemente aisladas, una en Baja California Sur, otra en Sonora, otra en el centro del país, coincidiendo aproximadamente con la región del Bajío y otra en Oaxaca, así como porciones inmediatas de Puebla e Hidalgo

Fuente: Fryxell, 1993; Ocampo, 2000; Spellenberg, 2001; Rzedowski y Calderón de Rzedowski., 2004, 2008; Pérez-Calix y Carranza, 2005; Villaseñor *et al.*, 2006; Andrade *et al.*, 2007; Carranza, 2007; Pérez-Calix, 2008; Espejo-Serna *et al.*, 2009, 2010.

previamente seleccionados para constituir los bancos de germoplasma, que en su momento surtan de semilla con las mejores características para los proyectos integrales de reforestación y el establecimiento y manejo de plantaciones.

Bajo el concepto de proyectos integrales de reforestación, se establecen como premisas fundamentales:

1. La aplicación adecuada de las prácticas de conservación del suelo y del agua como sustento principal de las obras y actividades.

2. Los trabajos de reforestación con especies cuyas semillas provienen de los bancos de germoplasma antes enunciados, en los ecosistemas forestales que tengan problemas de fragmentación.

Establecimiento y manejo de plantaciones forestales

El objeto fundamental de las plantaciones forestales es reducir la presión sobre el aprovechamiento del bosque natural propiciando su conservación; a manera de ejemplo, Brasil, con el manejo de 2% de su superficie total, suministra 60% de su abasto industrial de madera, como lo refiere Vargas *et al.* (2004), adicionalmente, desde el punto de vista social y económico, las plantaciones generan fuentes de trabajo y arrojan una mayor rentabilidad cuando se compara con el aprovechamiento forestal en el bosque natural, lo que conduce al desarrollo forestal sustentable, toda vez que se atienden las variables ambiental, social y económica.

De acuerdo con la distribución pluvial en el estado, las áreas factibles para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales se ubican en las zonas anexas a las regiones fisiográficas de la Sierra Madre Oriental al noreste del estado y en el Eje Neovolcánico, al sureste del mismo. Para el resto del estado, es decir, para la región fisiográfica Altiplanicie Mexicana, serían factibles solamente donde se tenga asegurado el riego para la plantación, una vez corridos los ensayos de procedencias para las localidades específicas, instalados los huertos semilleros y generados los bancos de germoplasma.

Se propone establecer plantaciones para productos maderables (madera aserrada y productos celulósicos), para productos no maderables (taninos) y dendroenergéticas (astillas y pellets).

Investigación en lugar de gestión

Tradicionalmente el Instituto Nacional de Ecología (INE) realizaba actividades de gestión y actualmente realiza actividades de investigación, por lo que es conveniente proponer que el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato también se enfoque en las actividades de investigación y que la parte de gestión sea llevada por la Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable en el estado, con el fin de permitir que esta institución tenga coherencia con el esquema federal, lo que permitiría tener una coordinación y vinculación en materia de ciencia, tecnología e innovación en los tres niveles de Gobierno.

Literatura citada

Andrade, M.G., G. Calderón de Rzedowski., S.L. Camargo-Ricalde *et al.* 2007. "Familia Leguminosae subfamilia Mimosoideae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 150.

Carranza, G.E. 2005. "Conocimiento Actual de la Flora y la Diversidad Vegetal del Estado de Guanajuato", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo complementario XXI.

———. 2007. "Familia Convolvulaceae I". *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 151.

Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2010. "Incendios forestales: Reporte semanal", en *http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/83Reporte%20Semanal%202010.pdf*, última consulta 12 de abril de 2012.

Espejo-Serna, A., A.R. López-Ferrari y J. Ceja Romero. 2009. "Familia Commelinaceae", Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, fascículo 162.

———, A.R. López-Ferrari e I. Ramírez-Morillo. 2010. "Familia Bromeliaceae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes,* fascículo 165.

Fryxell, P.A. 1993. "Familia Malvaceae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 16.

Glass, C.E. 1998. Guía para la identificación de las cactáceas amenazadas de México. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

INFP (Inventario Nacional Forestal Periódico). 1994. *Memoria Nacional*. México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Moncayo, R.F. 1981. *Relación de algunas cosas de los montes de México.* Serie Premio Nacional Forestal núm. 2. México, Secretaría Forestal y de la Fauna.

Ocampo, A.G. 2000. "Familia Primulaceae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 89.

Pérez-Calix, E. y G.E. Carranza. 2005. "Familia Hydrophyllaceae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 139.

———. 2008. "Familia Crassulaceae", Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, fascículo 156

Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2004. "Familia Oleaceae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* fascículo 124.

——— y G. Calderón de Rzedowski. 2008. "Familia Compositae subfamilia Heliantheae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 157.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*, jueves 30 de diciembre de 2010.

Spellenberg, R. 2001. "Familia Nyctaginaceae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 93.

Vargas, H.J.J., V.B. Bermejo y T. Ledig. 2004. Manejo de Recursos Genéticos Forestales. México, Colegio de Postgraduados/Comisión Nacional Forestal (Conafor).

Villarreal, J.A., J.L. Villaseñor y L.R. Medina. 2006. "Familia Compositae tribu Helenieae", *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, fascículo 140.

Villaseñor, L.E. (ed.). 2008. *Diagnóstico ambiental del área de uso sustentable Sierra de los Agustinos, municipio de Acámbaro, Guanajuato*. Morelia, Mich., México. Ayuntamiento de Acámbaro, Guanajuato/ Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Editorial Universitaria.

Walter, K.S. y H.J. Gillet. 1998. Endangered plants. Disponible en: *http://books.google.com/books?id=XIL9adYYeSIC&pg=PA100&lpg=PA100&dq=IUCN+M%C3%A9xico-Guanajuato&source=bl&ots=28loZLPC8P&sig=XEa4Ef9yDRywyYjwYml0br83sHQ&hl=es&ei=7efaTPmoLJL0tg0wzczMBw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CAYQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false*, última consulta 19 de abril de 2012.

BIODIVERSIDAD DE LA SIERRA DE LOS AGUSTINOS



José de Jesús Esparza Claudio | Mario Alberto Villagómez Loza

Introducción

En un país como México, que ocupa el segundo lugar en número de ecosistemas y el cuarto en número de especies que habitan en él, la relevancia de la conservación se convierte en un asunto de importancia para todo el planeta. Somos, además, uno de los países con mayor diversidad cultural. La asociación del patrimonio cultural con el natural forma parte de nuestra identidad nacional y se convierte en un elemento indisoluble de nuestro territorio.

La información aquí presentada proviene de la Actualización del Programa de Manejo del Área Natural Protegida Sierra de Los Agustinos, recientemente realizado por quienes lo suscriben para el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).

El alcance y cobertura del estudio se refiere a las 20 319.30 ha que integran la Sierra de Los Agustinos reconocida como Área Natural Protegida (ANP) en el estado de Guanajuato y su perímetro de influencia que, dadas las características físicas de la zona, abarca 1 km en el extremo sur del ANP y 5 km como máximo en el resto del polígono.

Localización

La Sierra de Los Agustinos se encuentra ubicada al sureste del estado en los municipios de Tarimoro, Jerécuaro y Acámbaro, geográficamente entre los 20°16.863’ y 20°10.622’ de Latitud Norte y los 100°45.990’ y 100°33.597’ de Longitud Oeste, del Meridiano de Greenwich (figura 1).

Características físicas

El rango altitudinal es de vital importancia porque de éste depende la distribución y riqueza de flora y fauna de la Sierra de Los Agustinos, ya que dentro de la fisiografía de la zona ésta constituye un oasis para el desarrollo de la vida silvestre.

La cota más alta se encuentra en los 3 120 msnm con ubicación en la parte conocida como Los Agustinos y que funge como límite municipal entre Jerécuaro y Acámbaro; con respecto a la parte más baja se encuentra a los 1 830 msnm, en la parte poniente de la sierra, específicamente en el municipio de Tarimoro (figura 2).

La totalidad del polígono del ANP se encuentra ubicado en la Provincia del Eje Neovolcánico, que es la provincia fisiográfica más extensa del estado y cubre casi 50% del territorio estatal en su parte sur, donde llega al Bajío, a las sierras volcánicas y cuencas lacustres del sur y a las sierras y mesetas del suroeste. A su vez, dentro de ésta se presentan tres subprovincias: Llanuras y Sierras de Querétaro, Sierras Volcánicas y Lagos del Centro, y Sierras y Bajíos Michoacanos (cuadro 1).

En esta zona predomina el afloramiento de rocas volcánicas de tipo basáltico de color negro, fracturadas, las cuales provienen de grandes aparatos volcánicos de forma cónica que constituyen algunos de los cerros más prominentes de la región. La edad de estas rocas pertenece al Terciario Superior-Cuaternario, como se aprecia en el cuadro 2.

Se desarrollan seis tipos de suelos principales: el Castañozem lúvico, Litosol, Luvisol crómico, Phaeozem háplico y lúvico y el Vertisol pélico. En el cuadro 3 se observa que el principal tipo de suelo es el Phaeozem háplico, distribuyéndose en casi todo el flanco oeste de la zona.

En la sierra se ubican dos cuencas hidrológicas: Cuenca Río Lerma-Toluca y Cuenca Río Lerma-Salamanca dentro de las que se insertan 27 microcuencas (figura 3). A nivel de la hidrología

Esparza Claudio, J. D. J. y M. A. Villagómez Loza. 2012. “Biodiversidad de la Sierra de los Agustinos” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 430-443.

Figura 1. Localización de la Sierra de Los Agustinos.

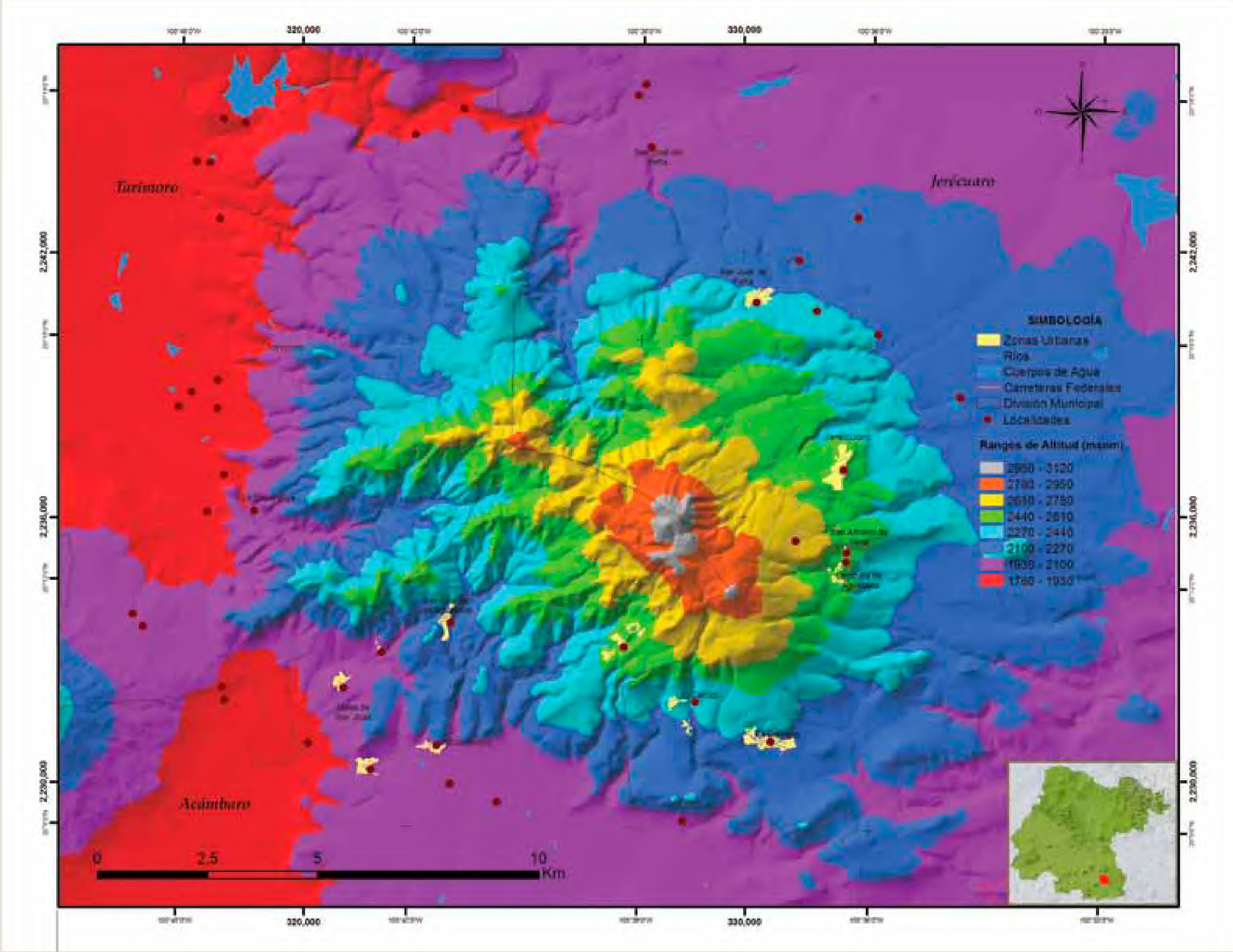


Figura 2. Distribución altitudinal de la Sierra de Los Agustinos.

subterránea se desarrollan dos acuíferos: el de Salvatierra-La Cuevita y el de Acámbaro-Cuitzeo.

En cuanto al clima, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificado por García (1964), la zona presenta un clima C(W0) (W) y (A)C(W0) (W), cuyas características son las siguientes:

C(W0) (W). Templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad. El más seco de los templados con una corriente P/T<43.2 y un porcentaje de lluvia media anual de 5. Este clima se encuentra en la mayor parte del área de estudio.

(A)C(W0) (W). Semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad, con un porcentaje de lluvia invernal <5, ubicado en la zona noroeste cercana a la cabecera municipal de Tarimoro.

En el ANP existen seis tipos de vegetación representados y son los siguientes: *Bosque tropical caducifolio.*

Está representado por especies como el copal (*Bursera cuneata*), la borreguilla (*B. fagaroides*), el frijolillo (*Albizia plurijuga*), el cuitaz (*Lysiloma microphyllum*) y otras leguminosas como *Parkinsonia aculeata, Prosopis laevigata, Senna floribunda* y *S. polyantha* (figura 4).

Dentro de la fase sucesional más o menos estable del bosque tropical caducifolio definida como matorral subtropical se reportan especies como el copal *(Bursera bipinnata, B. palmeri*), el casahuate (*Ipomoea murucoides*), el catape (*I. purpurea*) y otras especies asociadas como *Mimosa aculeaticarpa*, *Hyptis albida*. Adicionalmente, como especies indicadoras de vegetación secundaria están presentes el huizache (*Acacia schaffneri*) y el tepame (*A. pennatula*).

También se tienen registros de especies como la hiedra (*Ipomoea orizabensis*), *I. tyranthina* e *I. cristulata*, huizache (*Acacia schaffneri* var. *schaffneri*) y otras especies del mismo género como *A. angustissima, A. angustissima* var. *filicioides* y *A. farnesiana*; también se registra la especie *Eysenhardtia polystachya* o palo dulce.

Matorral xerófilo

La sierra aloja comunidades formadas por encinos arbustivos, representadas por encino blanco (*Quercus deserticola*), asociado con cazahuate (*Ipomoea murucoides*), garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), nopal pachón (*Opuntia atropes*) y *Montanoa leucantha* (figura 5); otra especie es el encino chaparro o *Quercus microphylla* (Rzedowski, 1978), especie de porte bajo que se constituye en matorrales; entre las especies herbáceas representadas están *Drynaria multiflora, Chenopodium graveolens, Salvia lavanduloides, Dalea leporina, D. thouinii, Castilleja arvensis, Mimulus glabratus* y *Cissus sicyoides.*

Pastizal

En la Sierra de Los Agustinos están presentes los géneros: *Andropogon, Aristida, Bouteloua, Hilaria, Muhlenbergia y Stipa*, entre otros (figura 6).

Bosque de Quercus

En cuanto a las especies mencionadas, para el bosque de *Quercus* de la Sierra de Los Agustinos se reportan, en adición a las dos anteriores, ocho especies de encinos que se asocian a los géneros: *Alnus, Arbutus, Crataegus, Fraxinus, Prunus y Clethra.*

En el apéndice 1 se adjuntan nueve fichas descriptivas tomadas del *Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos* (Arizaga *et al.*, 2009) que contiene nueve de las 10 especies presentes en la Sierra de Los Agustinos (figura 7*a* y 7*b*).

Cuadro 1. Fisiografía presente en la Sierra de Los Agustinos

Relieve	Llanuras y sierras de Querétaro	Sierras volcánicas y lagos del centro	Sierras y bajíos michoacanos	Total general
Llanura	0.00	0.00	20.44	20.44
Lomerío	964.34	271.56	0.00	1 235.91
Sierra	0.00	18776.05	237.11	19 013.16
Valle	0.00	49.79	0.00	49.79
Total general (ha)	964.34	19 097.41	257.55	20 319.30

Cuadro 2. Geología presente en la Sierra de Los Agustinos

Subtipo	Tipo de Roca				%
	Ígneas	Sedimentarias	Suelo	Total general	
Aluvial	-	-	68.60	68.60	0.34%
Arenisca-Conglomerado	-	18.21	-	18.21	0.09%
Basalto	5 452.45	-	-	5 452.45	26.83%
Brecha volcánica	2.63	-	-	2.63	0.01%
Conglomerado	-	114.61	-	114.61	0.56%
Extrusiva ácida	8 797.02	-	-	8 797.02	43.29%
Extrusiva intermedia	743.15	-	-	743.15	3.66%
Residual	0.18	-	1.82	2.00	0.01%
Riolita	5 120.64	-	-	5 120.64	25.20%
Total general	**20 116.06**	**132.82**	**70.41**	**20 319.30**	**100.00%**

Cuadro 3. Edafología presente en la Sierra de Los Agustinos

	Unidad de suelos						Total general
	Castañozem lúvico	Litosol	Luvisol crómico	Faeozem háplico	Phaeozem lúvico	Vertisol pélico	
Superficie (ha)	39.11	742.99	3 042.76	12 867.38	773.15	2 853.91	20 319.30

Dentro del bosque de *Quercus* de la Sierra de Los Agustinos destacan las siguientes familias en el sotobosque: Compositae (géneros *Baccharis, Brickellia, Eupatorium, Senecio, Verbesina, Vernonia y Viguiera*), Gramineae (géneros *Aegopogon* y *Setaria*), Leguminosae (géneros *Acacia, Lupinus* y *Trifolium*) y Labiatae (géneros *Hyptis* y *Salvia*), entre otros.

Los géneros de plantas vasculares más frecuentes en las sinusias (comunidades de plantas de estructura uniforme caracterizadas por poseer un solo tipo de forma vital, Alcaraz, 2011) epifíticas de los encinares son: *Polypodium, Tillandsia, Catopsis, Peperomia, Laelia, Epidendrum, Oncidium* y *Odontoglossum*; en cambio, entre las trepadoras leñosas destacan *Clematis, Smilax, Rhus, Archibaccharis, Parthenocissus, Solanum, Vitis* y *Rubus*. En este rubro se reportan para las especies epifíticas los géneros *Tillandsia* y *Laelia* dentro del bosque de *Quercus*.

Un grupo algo aparte lo constituyen los hemiparásitos de la familia Loranthaceae, el género mejor representado es *Phoradendron*, le siguen en importancia *Struthanthus* y *Psittacanthus*; a menudo la abundancia de estas plantas está ligada con la intensidad de ciertos tipos de disturbio.

Bosque de coníferas

En el apéndice 1 se adjuntan las fichas descriptivas de las tres especies de pino reportadas en la zona de estudio (SIRE-Paquetes Tecnológicos, 2005) (figura 8*a*, *b* y *c*).

Además de Compositae y Gramineae, las familias con representación de algunas especies en este tipo de vegetación a nivel de elementos herbáceos de plantas vasculares están: Leguminosae, Labiatae, Scrophulariaceae, Rosaceae, Umbelliferae, Commelinaceae, Liliaceae, Caryophyllaceae, Geraniaceae, Boraginaceae, Cyperaceae, Iridaceae, Orchidaceae, Ranunculaceae, Cruciferae, Onagraceae, Oxalidaceae y Rubiaceae.

Vegetación acuática y subacuática

De los géneros presentes dentro del grupo de vegetación acuática y subacuática, otras comunidades leñosas, bosques de galería (figura 9), se ubican los

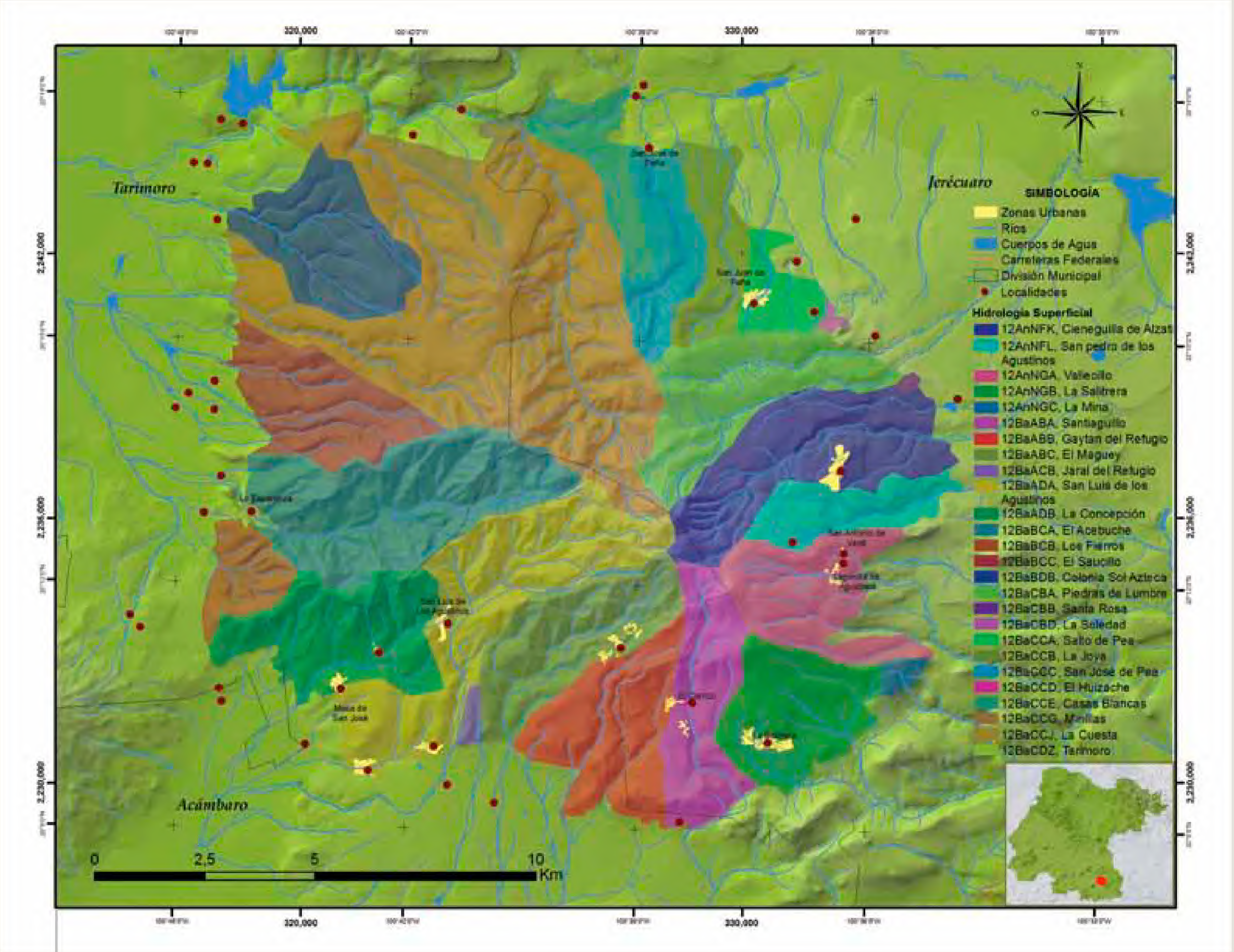


Figura 3. Hidrología superficial de la Sierra de Los Agustinos.



Figura 4. Bosque tropical caducifolio en la ladera del cerro El Piloncillo.



Figura 5. Matorral xerófilo rumbo a la comunidad Cieneguilla de Alzati.



Figura 6. Pastizal natural (*Muhlembergia macroura*) en las faldas del cerro de Los Agustinos.





Figura 7. Especies de encino identificadas en la Sierra de los Agustinos: *a) Quercus deserticola. b) Q. laurina.*



Figura 8. Especies de pino identificadas en la Sierra de los Agustinos. *a*) *Pinus montezumae*, *b) P. pseudostrobus* y *c) P. teocote.*



Figura 9. Bosque de galería en las cercanías a la comunidad de Huanumo, municipio de Acámbaro.

de clima más fresco como son *Alnus, Fraxinus* y *Prunus*. Para los géneros arbustivos, se reportan *Acacia, Baccharis* y *Brickellia*, entre otras.

En adición a las especies de pino, en el apéndice 1 se enlistan las especies de flora reportadas para la Sierra de Los Agustinos. De las especies reportadas en el estudio, dos de ellas se encuentran en la categoría de amenazada, de acuerdo con lo establecido en la norma NOM-059-SEMARNAT-2010: *Albizia plurijuga* y *Erythrina coralloides* (familia Leguminosae), y otras dos especies están bajo protección especial: *Dahlia scapigera* (familia Compositae) y *Cedrela dugesii* (familia Meliaceae).

Fauna silvestre

Como resultado de la revisión documental complementada con trabajo de campo, en el apéndice 1 se enlistan las especies de vida silvestre reportadas en la zona. Son 33 registros de especies de mamíferos silvestres reportados (Apátiga *et al*., 2008), más otra especie de ardilla (Jerécuaro, 2009), dan un total de 34 especies. En la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encontraron listadas cinco especies bajo la categoría de amenazada: los murciélagos *Leptonycteris nivalis* y *L. curasoae,* los ratones de campo *Peromyscus maniculatus* y *P. boylii* y una tuza del género *Pappogeomys*. Bajo la categoría sujeta a protección especial, figuran dos especies: la musaraña *Cryptotis parva* (Jerécuaro, 2009).

Se reportan 151 especies de 37 familias de aves de las cuales 67% son residentes permanentes, 3.3% residentes de verano, 22.5% visitantes invernales y 7.2% transitorias. Se identificaron ocho especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, dos en la categoría de amenazada: *Bubo virginianus* y halcón mexicano *Falco mexicanus;* el resto se ubican bajo protección especial, donde cuatro son aves de presa diurnas: *Accipiter* spp. y *Buteo* spp., y una es ave canora y de ornato: el clarín jilguero *Myadestes occidentalis* (Villaseñor *et al*., 2008).

Para el área de estudio se reportaron 16 especies de reptiles (Estrada *et al*., 2008), más otras dos especies (Jerécuaro, 2009), dan un total de 18. Asimismo, se registraron cuatro especies de anfibios (Estrada *et al*., 2008) y el Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC), reporta la presencia de la especie *Hyla arenicolor*, para un total de cinco especies. De las 23 especies de la herpetofauna registradas en el ANP, nueve están listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales cuatro se encontraron bajo la categoría de amenazada: *Masticophis mentovarius, Thamnophis eques, T. cyrtopsis* y *Lampropeltis triangulum*. Bajo la categoría sujeta a protección especial, están cinco especies: *Lithobates montezumae, Sceloporus grammicus, Barisia imbricata, Crotalus aquilus* y *C. molossus* (Estrada *et al*., 2008).

El nuevo registro de anfibio por parte de Esparza y Villagómez pertenece a la familia Hylidae y es conocido como ranita de las rocas (Canyon treefrog) especie de 32 a 57 mm (figura 13) que, de acuerdo con la International Union for Conservation of Nature (IUCN), está clasificada como de preocupación menor en la Lista Roja (que integra un sistema de clasificación de especies bajo un riesgo de extinción global). Sin embargo, en vista de su amplia distribución, su alta población y sobre todo el ritmo al que desafortunadamente está decreciendo la especie, muy pronto se ubicará dentro de la categoría NT (Near threatened) o amenazada (IUCN, 2010).

Referente a la entomofauna, se reportan 100 familias de insectos, 15 de arañas y cinco de otros arácnidos; en el grupo dominante de los insectos (83.3%), el orden Diptera (moscas y mosquitos) fue el mejor representado con 20% de las familias, seguido por los escarabajos, con 19%; las mariposas fueron recolectadas en un número bastante bajo, probablemente por el efecto de la época de recolecta (secas), sin embargo, la diversidad específica registrada fue alta ya que se logró una lista de 64 especies, de las cuales 12 son nuevos registros para el estado de Guanajuato, cinco determinados a nivel de especie y siete especies de la familia Hesperiidae no determinadas (Ponce, 2008).

Por su parte, la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) es especialmente conocida por su larga migración anual, que tiene lugar de agosto a octubre; viene a México desde la región ubicada en los Estados Unidos de América, entre las Montañas Rocallosas y los Grandes Lagos, se desplaza por la Sierra Madre Oriental

hasta entrar al Altiplano por las montañas más bajas y, antes de llegar a los estados de Michoacán y México para su hibernación, cruza la parte sur del estado de Guanajuato transitando por la parte noreste de la Sierra de Los Agustinos, localizada en el municipio de Jerécuaro (Comunidad de San Juan Viejo), pasa por la Comunidad de La Chicharronera, en el municipio de Acámbaro, hasta la Comunidad de Huanumo del mismo municipio en dirección suroeste, trazando el corredor biológico que se exhibe en las figuras 10 a 12.



Figura 10. Avistamiento de mariposa monarca en la comunidad de San Juan Viejo, municipio de Jerécuaro (fotografía de José de Jesús Esparza y Mario Alberto Villagómez).

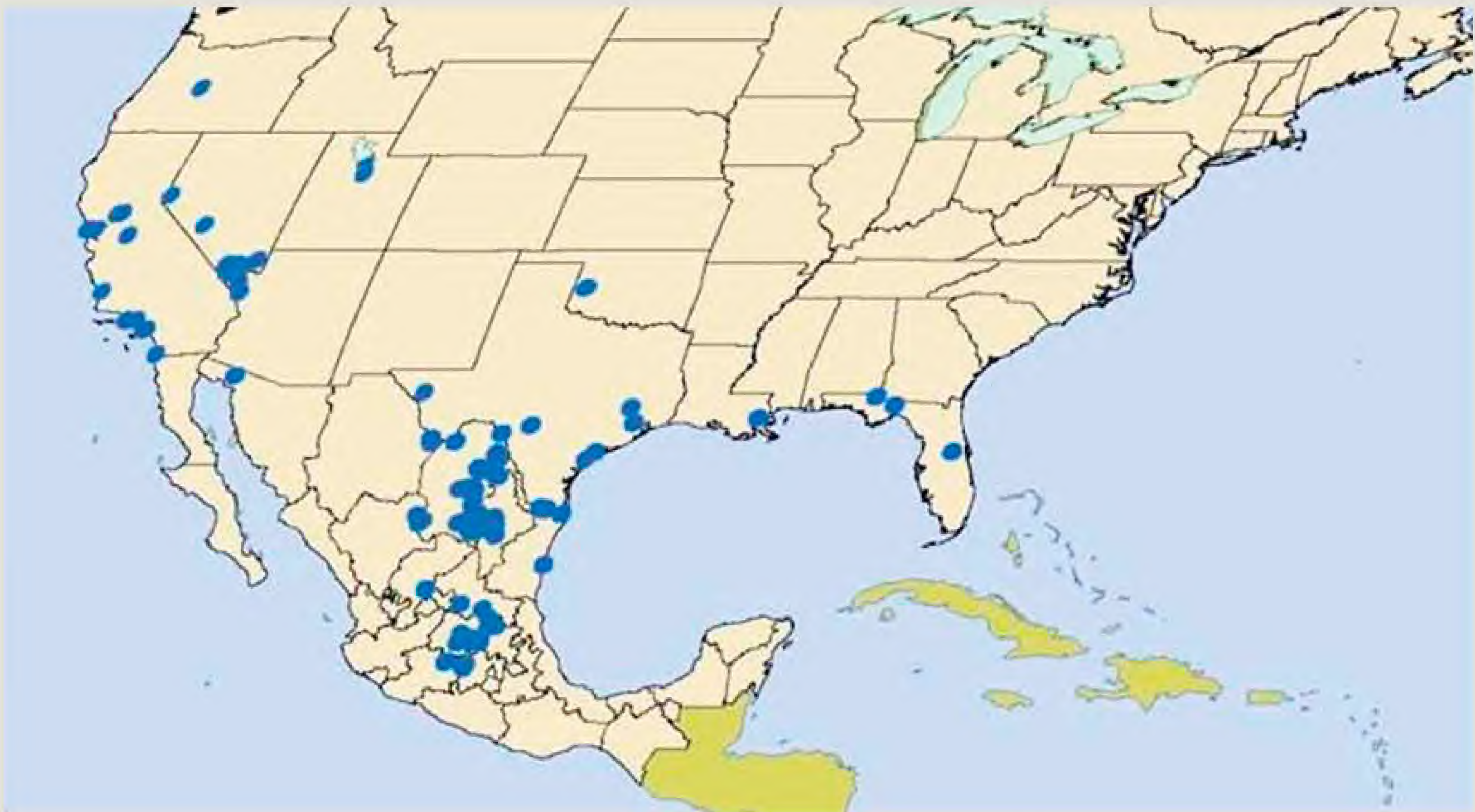


Figura 11. Ruta migratoria de la mariposa monarca en Norteamérica. Los puntos azules muestran los lugares donde fue observada en los meses de noviembre y diciembre.

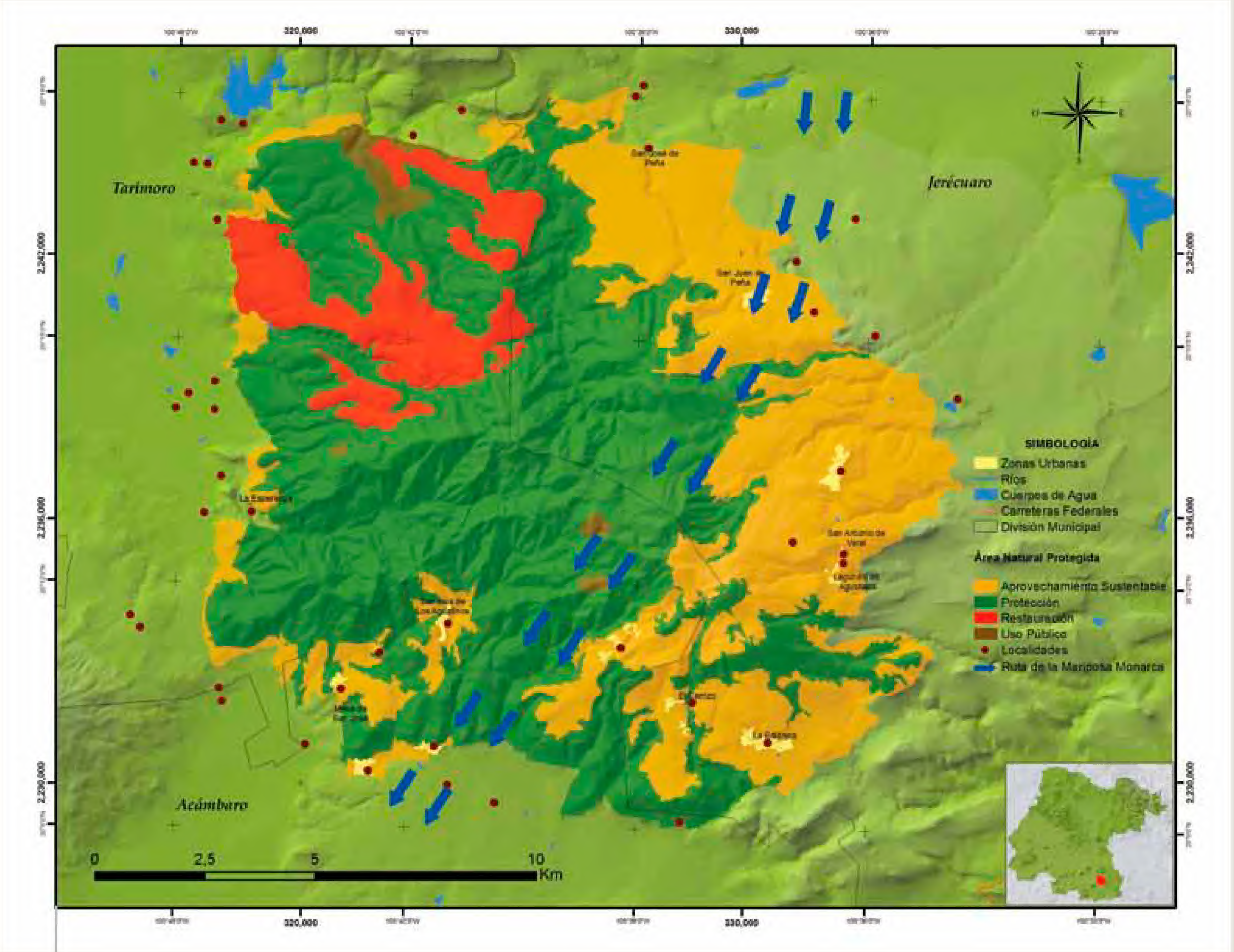


Figura 12. Corredor biológico de la mariposa monarca en su paso por la Sierra de Los Agustinos.



Figura 13. Ranita de las rocas (*Hyla arenicolor*) (fotografía de José de Jesús Esparza y Mario Alberto Villagómez).

Comentarios finales

El ANP de Los Agustinos es uno de los pocos espacios en el estado de Guanajuato que aún conservan y albergan una gran biodiversidad, la cual puede ser considerada como un oasis en el Bajío dado el contraste con las zonas agrícolas y urbanas que la rodean y que ejercen una presión sobre los recursos naturales.

A pesar de que esta zona posee una gran riqueza desde el punto de vista social, presenta un fenómeno migratorio muy importante por las condiciones de marginación y falta de empleo, lo que se ve reflejado en la problemática ambiental que presenta: deforestación, extracción de leña, sobrepastoreo, ampliación de la frontera agrícola de temporal, cacería, extracción de tierra de monte y tráfico de especies.

Un punto a resaltar en esta área natural son los grandes esfuerzos por parte del Instituto de Ecología del Estado, a través de su programa Fondo para el Mejoramiento y descentralización Ambiental del Estado de Guanajuato (FOAM), para rescatar y mantener los espacios con alto valor ecológico, social y cultural. Sin embargo, es necesario implementar un sistema de vigilancia participativa en los tres niveles de gobierno y el sector social.

Literatura citada

Alcaraz, F.J. 2011. *Geobotánica*. España, Universidad de Murcia.

Apátiga, M.C., J. Boizo y N. Mendoza. 2008. “Mastofauna de la Sierra de los Agustinos”, en L.E. Villaseñor (ed.), *Diagnóstico ambiental del área de uso sustentable sierra de los agustinos, municipio de Acámbaro, Guanajuato*, Ayuntamiento de Acámbaro y Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Editorial Universitaria, pp. 97-109.

Arizaga, S., J. Martínez-Cruz, M. Salcedo-Cabrales *et al.* 2009. *Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos*. México, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat)/Instituto Nacional de Ecología (INE).

Estrada, A., M. Quintero y O.A. Medina. 2008. “Herpetofauna de la Sierra de los Agustinos”, en L.E. Villaseñor (ed.), *Diagnóstico ambiental del área de uso sustentable Sierra de Los Agustinos, municipio de Acámbaro, Guanajuato*, Ayuntamiento de Acámbaro y Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Editorial Universitaria, pp. 141-165.

García, M.E. 1964. *Modificación de la clasificación climática de Köppen*. México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2010. The IUCN Red List of Threatened Species. 2010.4. United Kingdom.

Jerécuaro. 2009. H. Ayuntamiento 2006-2009. México.

Ponce, S.J. 2008. "Entomofauna de la Sierra de Los Agustinos", en L.E. Villaseñor (ed.), *Diagnóstico ambiental del área de uso sustentable Sierra de Los Agustinos, municipio de Acámbaro, Guanajuato*, Ayuntamiento de Acámbaro y Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Editorial Universitaria, pp. 164-179.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. México, Limusa.

SIRE (Sistema Integrador de Recursos Empresariales)-Paquetes Tecnológicos. 2005. Pinus montezumae Lamb, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus teocote* Schiede Ex Shltdl. México, Comisión Nacional Forestal (Conafor)/ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

Villaseñor, L.E. (ed.). 2008. *Diagnóstico ambiental del área de uso sustentable Sierra de Los Agustinos, Municipio de Acámbaro, Guanajuato*, Ayuntamiento de Acámbaro y Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Editorial Universitaria.

———, F.R. Pineda, L. Villaseñor *et al*. 2008. "Avifauna de la Sierra de Los Agustinos", en L.E. Villaseñor (ed.), *Diagnóstico ambiental del área de uso sustentable Sierra de Los Agustinos, municipio de Acámbaro, Guanajuato*, Ayuntamiento de Acámbaro y Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Editorial Universitaria, pp. 111-139.

PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE REFORESTACIÓN CON MEZQUITE (*Prosopis laevigata*)

Juan T. Frías Hernández | Rafael Ramírez Malagón | Víctor Olalde Portugal

Introducción

El mezquite (*Prosopis laevigata*) es una especie nativa y endémica de los estados del centro de México que se distingue por sus usos y beneficios, como madera de gran calidad que, por su dureza y durabilidad, se emplea en la fabricación de muebles, también se utiliza como combustible y en la construcción; el fruto sirve de alimento para los humanos, el ganado y la fauna silvestre; tiene usos medicinales; sus flores melíferas y la goma sirven de alimento. Además, tiene considerables beneficios ecológicos, como la retención y enriquecimiento del suelo, funciona como planta nodriza, es atenuante de las condiciones climáticas extremas y sirve de hábitat para numerosas especies de fauna, insectos y microflora (Galindo y García, 1986; Frías-Hernández, 1998). La producción de frutos de árboles de *P. laevigata* puede ser de 20 a 30 kg de vainas/árbol/año. Esta especie, como muchas del género, es tolerante a suelos semiáridos o salinos (Tewari *et al*., 1998; Felker *et al*., 2008) (figura 1).

El potencial forestal de *P. laevigata* es importante en México, sin embargo, sus poblaciones han sido severamente afectadas: en 1971 se estimaban 12 millones de hectáreas de mezquitales (Flores *et al*., 1971) y tan solo 23 años después se reportaba la desaparición de 66% de este tipo de vegetación en el país (SARH, 1994). En el estado el mezquite es importante por su distribución, ya que está presente en todos los municipios; no obstante, actualmente mantiene la calidad de relicto hacia el margen de los caminos, en las cabeceras de los campos de labor o en los traspatios de los poblados rurales. Siendo que, al inicio de la Colonia, principalmente en la región central del estado, había una vegetación dominada por mezquites que fueron talados para dar paso a la agricultura o para apoyar la minería (Ramírez-Malagón, 2007).

Ahora, Guanajuato es considerada una de las entidades de mayor importancia agropecuaria del país. Tiene la mayor superficie irrigada con fines agrícolas por unidad de superficie, donde se





Figura 1. Ejemplares arbóreos de *P. laevigata* en la región del Bajío guanajuatense (fotografía de Juan T. Frías Hernández).

Frías Hernández, J. T., R. Ramírez Malagón y V. Olalde Portugal. 2012. "Propuesta de un Programa de Reforestación con Mezquite (*Prosopis laevigata*) " en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 444-448.

concentran 25% de todos los pozos de riego del país, por lo que el estado es considerado una zona de alta productividad en granos, cereales y hortalizas, además de que se cultivan una gran diversidad de especies vegetales (cerca de 70 especies). En contraste, es también un estado con altos índices de desertificación por procesos erosivos, de salinización y contaminación de los suelos, con una vegetación nativa altamente perturbada debido a tasas aceleradas de deforestación y sobrepastoreo, además de la expansión cada vez más creciente de la frontera agrícola. Probablemente estos procesos de degradación estén asociados a la alta densidad de población con más de 130 habitantes/km^2 (GEG, 2000), considerada como de las más altas del país, por lo que los recursos agua, suelo y vegetación presentan grados alarmantes de deterioro en diversas localidades de la entidad, especialmente la eliminación de la cubierta vegetal original o nativa que ocurre desde los tiempos de la Colonia (Frías-Hernández, 2006).

Aunque se han hecho esfuerzos para recuperar la vegetación por medio de la reforestación, éstos han dado resultados mínimos si se comparan las superficies deforestadas con las reforestadas. Además, en algunas zonas del estado se han empleado especies vegetales no apropiadas, y frecuentemente los esfuerzos se quedan en la plantación en campo de las plántulas provenientes de viveros, con limitadas tasas de supervivencia (Frías-Hernández, 2006). Es, por lo tanto, impostergable diseñar, implementar y ejecutar programas de reforestación integrales, viables y óptimos desde el punto de vista tecnológico y social.

Es urgente plantear y efectuar un plan de acción que permita la regeneración de áreas degradadas con el fin de recuperar el beneficio ecológico y potencial productivo, a través de la reforestación con el mezquite (*P. laevigata*).

Cabe mencionar que algunas de las causas por las que el mezquite no ha sido ampliamente incluido en los planes nacionales de reforestación son: *a*) La dificultad de obtener semillas sanas, debido a que presentan un pericarpio leñoso difícil de eliminar y que impide la germinación, así como por ser atacado severamente por un brúquido o escarabajo (*Algarobius* spp.) que se alimenta del embrión; *b*) El mezquite es una especie que depende de insectos voladores (avispas y abejas principalmente) para su polinización y, aunque tiene flores hermafroditas, son autoincompatibles, lo que origina una gran variabilidad genotípica y fenotípica, por lo que se reducen las ventajas de reforestar con plántulas originadas de semillas.

Sin embargo, investigaciones realizadas en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato (ICA) han demostrado que esta especie se puede reproducir vegetativamente, de manera específica a través de acodos, y así las plántulas obtenidas pueden crecer más de un metro de altura, florecer y fructificar en 10 meses, lo que significaría una gran mejoría comparada con el método tradicional de reproducción por semilla, además de llevar implícita la ventaja de que se pueden seleccionar individuos sobresalientes de muchos años de edad (10 en adelante) y obtener clones de éstos, como fue el caso de *Prosopis alba*, que alcanzó tasas de propagación de 66% (Vega *et al*., 1999).

Por otra parte, en investigaciones realizadas en el ICA y el Cinvestav-Irapuato, se ha descubierto que plántulas de especies leguminosas arbóreas nativas, entre ellas el mezquite, en su etapa de crecimiento inicial tienen un desarrollo en altura y diámetro tres veces mayor respecto a las plantas testigo si se adicionan al sustrato microorganismos benéficos como *Bacillus subtilis* u hongos endomicorrícicos del género *Glomus*, o la mezcla de estos dos biofertilizantes, lo que favorece el crecimiento y fortalece la planta ante situaciones de estrés por baja humedad o sequía o por falta de nutrientes.

Propuesta para un programa de reforestación

Los biofertilizantes pueden ser aplicados en programas de reforestación para incrementar las probabilidades de éxito en el establecimiento y en las tasas de crecimiento de las especies forestales por las acciones de recuperación de zonas deforestadas. De acuerdo con lo anterior, se propone un proyecto para el diseño de un programa de reforestación con el mezquite (*P. laevigata*) en el estado, utilizando herramientas biotecnológicas.

Las directrices generales del proyecto se dividen en cinco pasos:

1. Selección de progenitores. Identificación de árboles con características sobresalientes en cuanto a la conformación de tronco y copa, grado de fructificación y características particulares del fruto (tamaño y sabor) en tres regiones importantes del estado (norte, Bajío centro y sur). Para la elaboración de las fichas técnicas de cada individuo y el banco de datos es importante reconocer también características como: fisiografía, vegetación asociada, si está en agostaderos, tierras de cultivo, traspatios o jardines de comunidades; además, se recomienda incluir fotografías para completar los registros.

2. Obtención de individuos por reproducción vegetativa a través de acodos aéreos (figura 2*a*). Los acodos aéreos constituyen una herramienta importante en la reproducción vegetativa de plantas, pues una vez enraizados se establecen en sombra durante un mes, y ya arraigados fuera de la planta madre se trasplantan a su lugar definitivo. De cada árbol seleccionado se recomienda escoger 100 ramas jóvenes suberisadas para realizar el acodo, se hace un anillado de aproximadamente 2 cm entre dos nudos. Al eliminar el tejido floemático se interrumpe el paso de nutrientes y de las auxinas, la incisión se cubre con un pedazo de papel absorbente lo suficientemente grande para abarcar el anillo y para que la rama pueda absorber el regulador de crecimiento. Después de humedecer el papel con una solución de auxina hasta saturarse y comenzar a gotear, se cubre el acodo con una bolsa de plástico, amarrándola sólo por uno de los extremos (figura 2*a*). El acodo se cubre completamente con un sustrato saturado con agua para mantenerlo húmedo durante la mayor cantidad de tiempo. Una vez que el acodo está bien cubierto por el sustrato, se cierra el otro extremo de la bolsa para evitar salidas excesivas de humedad o la caída y pérdida completa del acodo. Éste no debe quedar con una polaridad invertida, es decir, la rama permanecerá en posición vertical, para lo que se amarra a otra rama o al mismo tronco. A los 15 días, se verificará el nivel de humedad; con una jeringa se inyectan 100 ml de agua para evitar la deshidratación del acodo sin tener que abrirlo y ocasionar algún daño (Delgado Bernal, 2005).

3. Preparación de sustratos y trasplante de acodos. Se preparan bolsas de polietileno negro con sustrato de tierra lama, adicionado con 5 ml de la bacteria *B. subtilis* como promotora del crecimiento y refuerzo de enraizamiento y 20 gr de inóculo endomicorrícico de diferentes especies de *Glomus*. En dichas bolsas, se trasplantan las ramas acodadas que produjeron 300 o más raíces. Se colocan bajo una cubierta de sombra con un paso de luz de 60%, por un periodo de 30 a 60 días, después de los cuales las plantas están listas para su trasplante definitivo en campo (Delgado Bernal, 2005) (figura 2*b*).

4. Plantación en campo. Dependiendo de las condiciones del campo, se recomienda la construcción de bordos de retención de acuerdo con las curvas de nivel a fin de minimizar la erosión del suelo y detener el deterioro del sitio. Los suelos deben ser de preferencia profundos, ya que la raíz pivotante del mezquite alcanza hasta 60 metros de profundidad. Si el suelo es pobre en materia orgánica, es conveniente hacer una aplicación de estiércol de al menos 2 kg por planta durante los primeros dos años. Se recomienda plantar 400 plantas/ha, estableciendo varias líneas por hectárea con una separación de 5 m entre las plantas. La profundidad de trasplante es de 40 cm, aproximadamente. La introducción a campo deberá hacerse en el mes de mayo, antes del comienzo de la época de lluvias, pero con un riego de auxilio mientras se establece la temporada de lluvias. Para asegurar el desarrollo de las plantas se recomienda proteger la plantación del pastoreo.

5. Mantenimiento de la plantación. En este proceso se recomiendan las siguientes actividades: *a*) *Tutoreado*. Las plántulas que lo requieran serán atadas a un tutor de alambrón, clavado junto a la planta para mantener erecto el tallo principal. *b*) *Poda*. En cada época de sequía (enero-abril) serán podadas las ramas secundarias para dejar el tallo principal. *c*) *Riegos de auxilio*. En la medida de lo posible se darán dos o tres riegos de auxilio en los meses de diciembre a mayo durante la temporada seca, preferentemente serán riegos dirigidos durante los primeros dos años, de allí en adelante la profundidad de raíz de la planta le permite buscar agua edáfica para su supervivencia. *d*) *Limpieza y mantenimiento del cajete*. Al inicio y al final de la época de lluvia se dará una limpieza manual con una desvaradora mecánica, además de



Figura 2*a*. Enraizamiento de mezquite y plantas obtenidas de acodos aéreos (fotografía de Juan T. Frías Hernández).



Figura 2*b*. Plantas de mezquite generadas por acodos aéreos (fotografía de Juan T. Frías Hernández).

reconstruir el cajete para una óptima captación y retención de humedad.

Las plantas comienzan a fructificar a los cinco años y a partir de entonces, siguen incrementando su rendimiento en kilogramos de vainas por árbol, hasta llegar a 30-40 kg por árbol a la edad de 10 años, de allí en adelante mantienen ese rendimiento anual.

Consideraciones complementarias

Este programa contempla fundamentalmente las actividades para producir plantas de mezquite por un método novedoso con el uso de herramientas biotecnológicas. Es importante señalar que el éxito de esta propuesta se fincará, además, en la adecuada gestión de las áreas a reforestar, su cuidado, mantenimiento y manejo posterior. Se sugiere realizar alianzas, convenios u otro tipo de relación con dependencias como la Secretaría de la Defensa Nacional (Sedena), la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del estado de Guanajuato (SDA), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), etcétera, para aprovechar los recursos humanos y materiales que estas dependencias destinan a programas similares. Todo esto con el fin último de recuperar la cubierta vegetal del estado y reforestar las zonas degradas con especies nativas del estado como es el mezquite.

Literatura citada

Delgado Bernal, E. 2005. *Propagación vegetativa y sexual del mezquite (Prosopis laevigata) por medio de reguladores de crecimiento,* tesis de licenciatura. Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato.

Felker, P., M. Ewens, M. Velarde *et al*. 2008. "Initial evaluation of *Prosopis alba* griseb clones selected for growth at seawater salinities", *Arid Land Research and management* 22: 33-345.

Flores, M.G., J. Jiménez, X. Madrigal et al. 1971. *Mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana*. México, Secretaría de Recursos Hidráulicos (SARH).

Frías-Hernández, J.T. 1998. *Papel del mezquite (Prosopis laevigata) en la sustentabilidad de un ecosistema semiárido*, tesis de doctorado. Guanajuato, México. Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav), Instituto Politécnico Nacional (IPN.)

———. 2006. *La importancia del mezquite en el Estado de Guanajuato.* Memorias del primer foro estatal "La importancia del mezquite en Guanajuato". Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato. Irapuato, Gto., México.

Galindo, A.S. y E. García. 1986. "The Uses of Mezquite (*Prosopis* spp.) in the highlands of San Luis Potosí, México", *Forest Ecology and Management* **16**: 49-56.

GEG (Gobierno del Estado de Guanajuato). 2000. *Guanajuato Siglo XXI,* tomo I. Guanajuato, Gto. México. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM).

Ramírez-Malagón, R. 2007. *Caracterización morfológica y molecular del mezquite (Prosopis laevigata*). Tercer Foro de Investigación y Vinculación de la Universidad de Guanajuato. Guanajuato, Gto. 30 de julio.

SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). 1994. *Compendio estadístico de la producción forestal* 1989-1993. México.

Tewari, J.C., N.M. Pasiecznik, L.N. Harsh *et al.* 1998. Practices for raicing Prosopis plantations in saline soils-Gurbacham Sing. *The Prosopis Society of India and the Henry Doubleday research Association*. Karnal, India, Central Soil Salinity Research Institute.

Vega, M.V., G. Castillo de Meier, V. Pérez *et al*. 1999. "Obtención de plantas de *Prosopis alba* (Leguminosae) mediante acodos aéreos", *Phyton* **65**: 83-86.

ESTUDIOS DENDROCLIMÁTICOS CON AHUEHUETE (*Taxodium mucronatum*) EN GUANAJUATO Y ACCIONES PARA SU CONSERVACIÓN

José Villanueva Díaz | Julián Cerano Paredes | Juan Estrada Ávalos | Vicenta Constante García
Eunice N. Cortés Barrera

Introducción

Los ecosistemas riparios o bosques de galería son sitios de alta biodiversidad debido a que conectan los ecosistemas acuáticos con los terrestres, facilitan el movimiento de nutrientes y favorecen la estabilidad del cauce, entre muchos otros beneficios (Treviño *et al*., 2001). Una de las especies más representativas de estos ecosistemas es el ahuehuete o sabino (*Taxodium mucronatum*) considerado el árbol nacional de México (Luque, 1921). Los árboles de esta especie alcanzan dimensiones colosales, particularmente en diámetro, e imprimen una belleza escénica singular al paisaje (Martínez, 1963). Dado que es la especie más longeva en México, algunos individuos pueden lograr edades que superan el milenio (Villanueva *et al*., 2006; Suzán-Aspiri *et al*., 2007; Villanueva *et al*., 2007), por lo que pueden ser utilizados para representar y reconstruir las condiciones paleoclimáticas de precipitación y de flujo (Bradley, 1999; Stahle *et al*., 2000; Villanueva *et al*., 2003, 2007).

El estado de Guanajuato, que forma parte de la región hidrológica número 12, río Lerma-Santiago (Inegi, 1998), posee ecosistemas de galería, en los cuales el ahuehuete es una de las especies dominantes (Martínez, 1963; Rzedowski, 1986; Cortés-Barrera, 2010). Sin embargo, los problemas de contaminación, ocasionados por descargas directas de aguas residuales de origen urbano e industrial a los cauces naturales y el almacenamiento o desvío de agua con fines agrícolas, así como el cambio de uso del suelo y daños directos al arbolado, han propiciado que muchas de las poblaciones de ahuehuete en Guanajuato hayan sido eliminadas o se encuentren en serio peligro de desaparecer.

Por lo anterior, y para analizar la variabilidad hidroclimática en el tiempo así como el impacto de patrones atmosféricos circulatorios, se estudiaron los patrones de los anillos de crecimiento anuales de ejemplares de ahuehuetes (Villanueva *et al*., 2005). El objetivo de este estudio fue desarrollar cronologías de anillos de crecimiento de ahuehuete con el fin de derivar información climática de la región estudiada, determinar las edades de los individuos y proponer acciones para su conservación.

Metodología

Los sitios de estudio fueron determinados en zonas con presencia de ahuehuetes, ubicados en ecosistemas de galería del centro-sur de Guanajuato, y distribuidos en los municipios de Manuel Doblado, Jerécuaro y Salvatierra (cuadro 1). Para cada uno de los individuos seleccionados, se determinaron sus características morfológicas y se obtuvieron núcleos de crecimiento (virutas) o incrementos con un taladro de Pressler. Los núcleos se procesaron en el Laboratorio de Dendrocronología del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con métodos dendrocronológicos estándar (Stokes y Smiley, 1968). La comparación entre sitios permitió analizar semejanzas y discrepancias entre cronologías y su comportamiento en el tiempo (Villanueva *et al*., 2009). Las cronologías semejantes se integraron en cronologías regionales que representan la variabilidad climática que caracteriza a una zona más extensa (Fritts, 1976).

Con las series de tiempo producidas y la información climática obtenida se generaron reconstrucciones históricas de precipitación y flujo, con las que se analizó la variabilidad hidroclimática regional, su comportamiento histórico y sus tendencias a largo plazo (Cook y Peters, 1981; Fritts, 1991). Esta información generada es de gran relevancia para el manejo y planeación actual y futuro del uso del agua en la región.

Villanueva Díaz, J., J. Cerano Paredes, J. Estrada Ávalos, *et al*. 2012. “Estudios dendroclimáticos con ahuehuete (*Taxodium mucronatum*) en Guanajuato y acciones para su conservación” en La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 449-455.

Cuadro 1. Sitios de recolecta para el desarrollo de series dendrocronológicas de ahuehuete en Guanajuato.

Nombre del sitio	Clave del sitio	Coordenadas (grados)		Elevación (m)	Periodo de la cronología
		Latitud norte	Longitud oeste		
Manuel Doblado	MDO	20.65	101.88	1 735	1770-2006
Jerécuaro	JER	20.14	100.52	1 950	1880-2007
Chamácuaro	CHA	20.15	100.88	1 816	1860-2000

La variabilidad hidroclimática detectada se correlacionó con índices de patrones de circulación atmosférica global como, por ejemplo, los ocasionados por El Niño Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés), que ejerce una influencia climática en la región (SDA, 2006). Los periodos secos y húmedos detectados en las reconstrucciones se cotejaron con los datos históricos documentados, así como con otras reconstrucciones dendroclimáticas desarrolladas para otras regiones del país. El conocer la cobertura de estos eventos es un indicio de la magnitud y del impacto social y económico que pueden ejercer los cambios climáticos en la sociedad. Por otra parte, aunque la estimación de edades se realizó sólo en los individuos seleccionados, su análisis proporciona una idea aproximada de la dinámica de las poblaciones de ahuehuete e indica las necesidades de conservación y restauración de los ecosistemas frágiles en los que habitan estos árboles.

Resultados y discusión

De acuerdo con las series dendrocronológicas de anillo total, las cronologías permitieron hacer inferencias al pasado hasta el año 1770 en el caso de Manuel Doblado, mientras que la extensión cronológica de Chamácuaro y Jerécuaro alcanzaron los años 1860 y 1880, respectivamente.

Las cronologías generadas mostraron semejanzas y discrepancias para ciertos periodos, lo cual indica que responden a condiciones climáticas generales que afectan tanto a la región hidrológica como a sitios específicos, en este caso el lugar donde se desarrollan (figura 1). Al analizar el periodo entre 1880 y 2000 se determinó un comportamiento similar en el desarrollo de los individuos, lo que se traduce en una correlación significativa para los sitios Manuel Doblado con Jerécuaro ($r = 0.215$, $p<0.01$) y Chamácuaro y Jerécuaro ($r = 0.28$, $p<0.001$). Por lo tanto, se intentó integrar las cronologías Manuel Doblado y Jerécuaro de ambas series y generar una reconstrucción de precipitación para el centro-sur del estado de Guanajuato, de los últimos 238 años (1770-2007).

Para la reconstrucción de la precipitación se integraron los datos de 10 estaciones climáticas de Guanajuato; detectando que el periodo de precipitación acumulada entre enero y mayo fue el que más influyó en el crecimiento del ahuehuete en esta región (figura 2).

La cronología de los ahuehuetes en cada región analizada se empleó para reconstruir caudales (gastos). Dicha cronología se correlacionó con datos hidrométricos de la estación Las Adjuntas, ubicada en la región hidrológica número 12, cuenca río Lerma-Salamanca, corriente río Turbio, que comprende la porción central y suroriental del estado de Guanajuato y ocupa una superficie de 10 400 km^2 (33.8 % de la superficie estatal). La reconstrucción del caudal abarcó los últimos 238 años, entre los años 1770 y 2007. La cronología regional correspondió significativamente con el flujo acumulado del periodo julio-diciembre, previo a la estación de crecimiento, es decir, que el crecimiento del sabino dependió del volumen de gasto acumulado del río Turbio en los meses de julio a diciembre del año que precedió su crecimiento (figura 3). Se presentó un flujo medio anual de 148.00 x 106 m^3 (figura 3). La importancia de este resultado radica en que el flujo reconstruido representa 97% del escurrimiento total anual del río Turbio, que se estima en un volumen de 85 769 x 103 m^3.

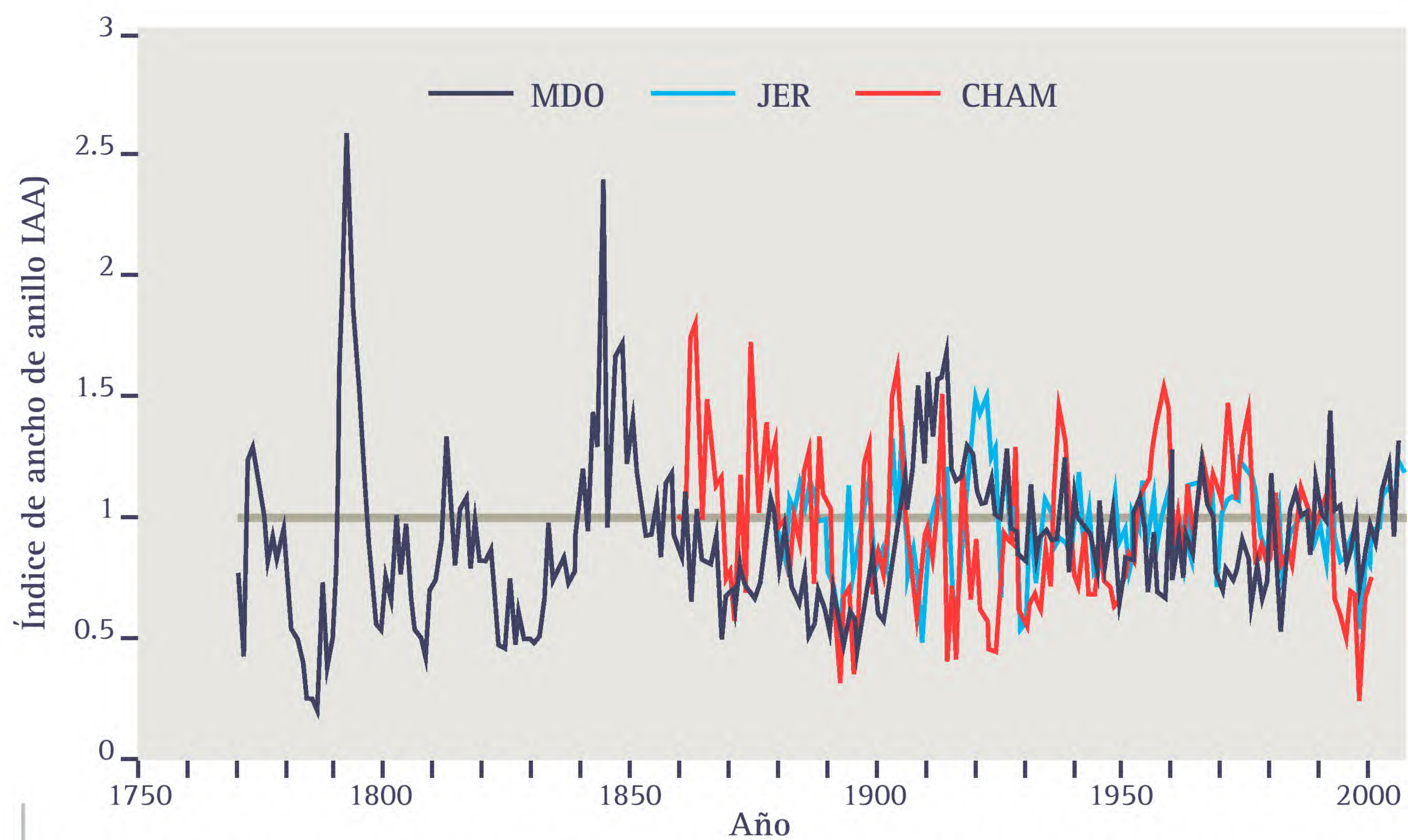


Figura 1. Comparación gráfica de los índices anuales de cronologías entre los años 1770 y 2007 de anillo total para ahuehuetes del estado de Guanajuato. MDO: Manuel Doblado; JER: Jerécuaro; CHAM: Chamácuaro.

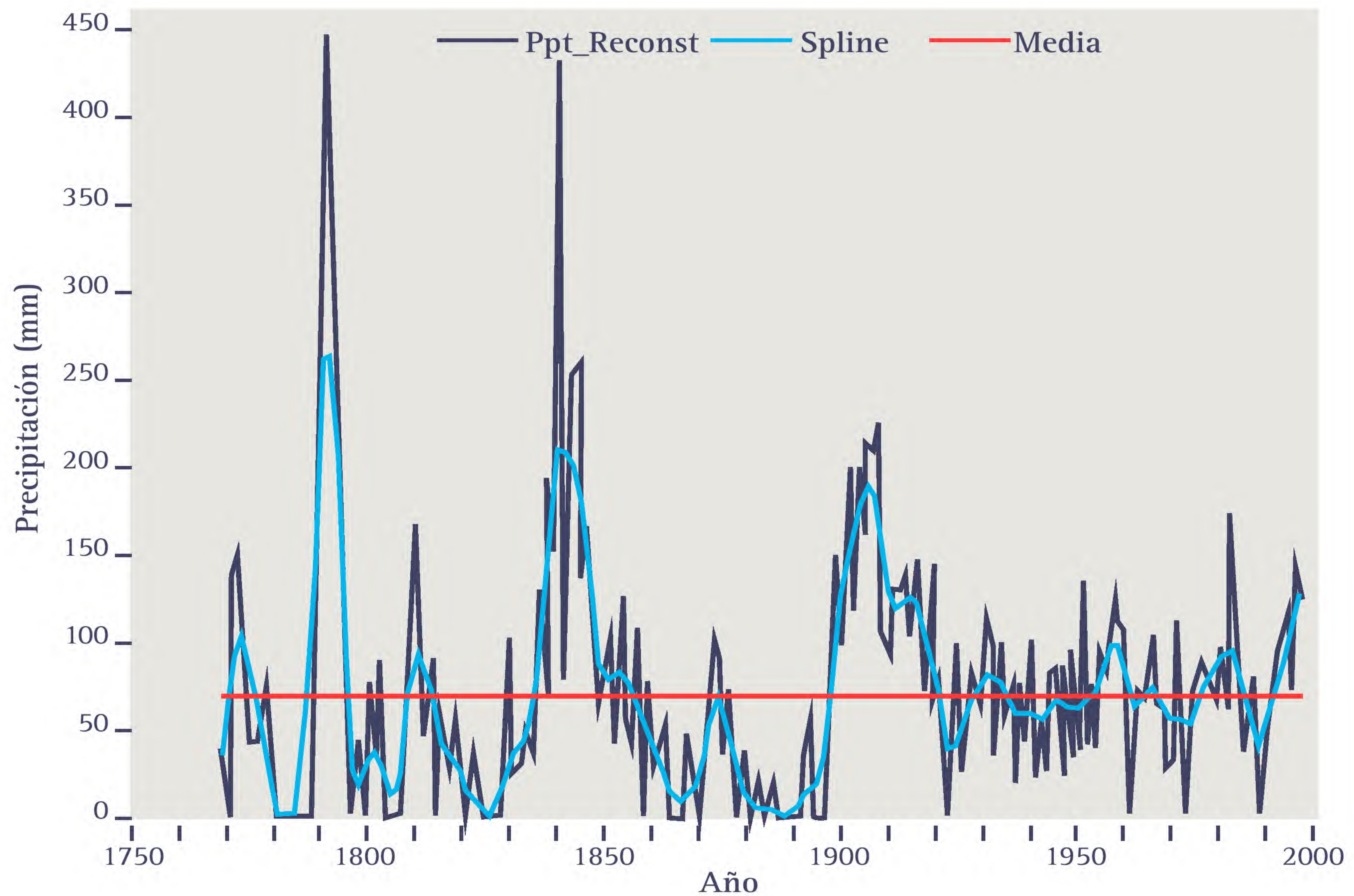


Figura 2. Precipitación reconstruida (enero-mayo) para el centro-sur de Guanajuato de acuerdo con la cronología regional de ahuehuete. Ppt_Reconst: Precipitación reconstruida.

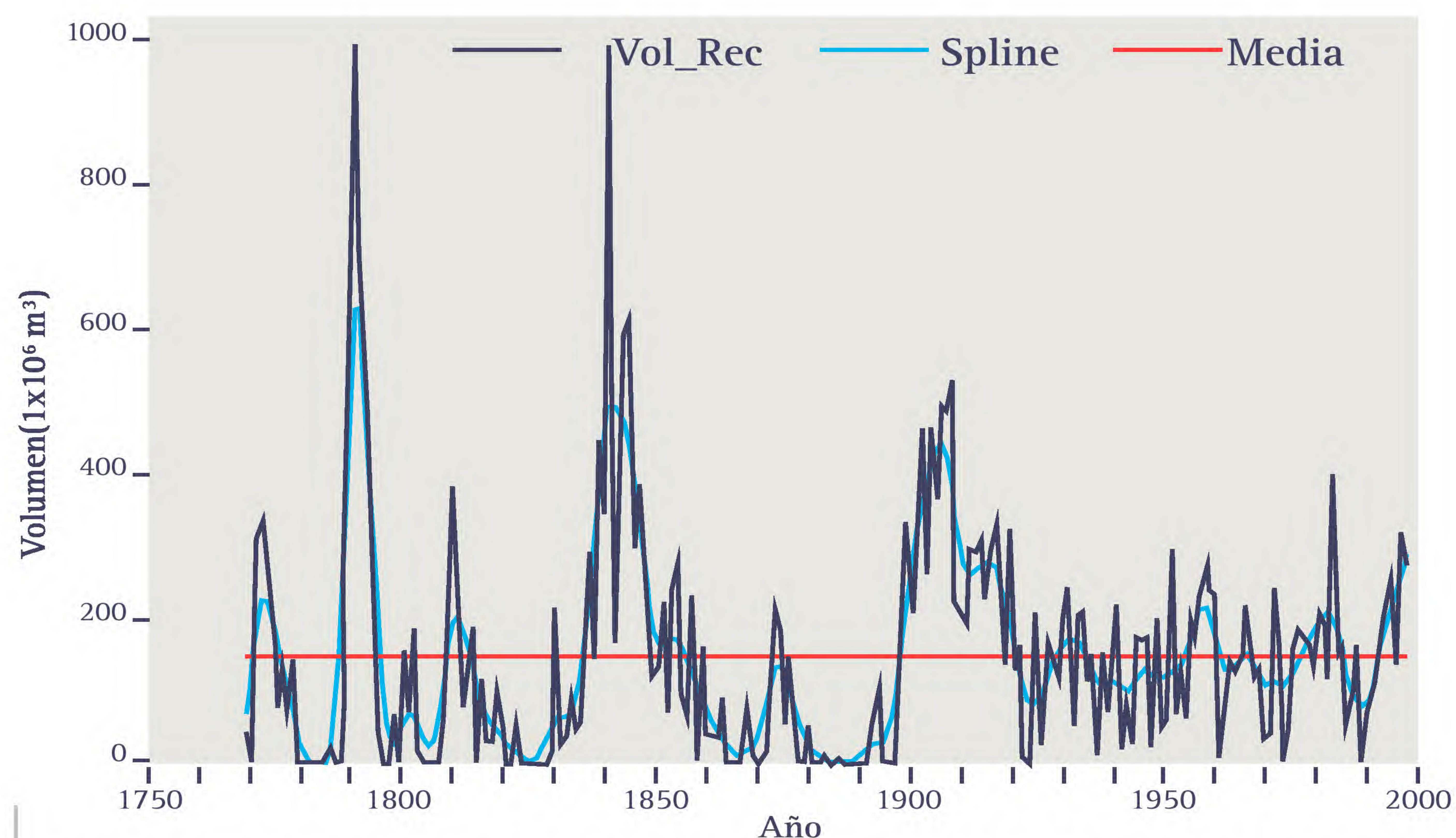


Figura 3. Reconstrucción histórica del flujo hidrológico estacional de julio a diciembre en la cuenca del río Lerma, corriente río Turbio, Manuel Doblado, Guanajuato.

La reconstrucción histórica indica periodos en los cuales los caudales presentaban un flujo mayor al volumen histórico promedio (años 1774, 1793, 1813, 1845, 1848-1849, 1909, 1911, 1914, 1915 y 1993). En contraste, los caudales por abajo de la media se presentaron en los periodos 1779-1790, 1800-1840 (en esta etapa únicamente los años de 1814-1816 indican volúmenes apenas por arriba de la media), 1863-1906, 1945-1963, 1978-1987 y 1996-2004. De 1900 a la fecha, no se ha registrado ningún evento extremo con una disminución de flujo, como los registrados en las primeras y últimas décadas del siglo XIX.

Con base en estos resultados, las sequías reconstruidas cubren los periodos de 1778-1789, 1798-1811, 1817-1839, 1862-1905, 1944-1961, 1977-1985 y 1995-2002, cabe mencionar que éstos corresponden con algunos de los eventos socioeconómicos más importantes que han afectado al estado de Guanajuato y a otras regiones de la República Mexicana (Florescano, 1980; Endfield *et al*., 2004; Contreras, 2005).

Por otra parte, la sincronización entre eventos húmedos y secos no ha sido similar entre las reconstrucciones de precipitación invierno-primavera, particularmente si comparamos la precipitación del centro-sur de Guanajuato con las del norte y noreste de México (figura 4). Esta situación pudiera atribuirse al impacto diferente de El Niño en las regiones comparadas, ya que este fenómeno produce en su fase cálida un efecto de mayor intensidad en el norte de México que en la región de Guanajuato (Inafed, 2005). No obstante, ciertos períodos húmedos fueron comunes para las reconstrucciones, lo cual significa que eventos ENSO de alta intensidad pudieron haber impactado gran parte del territorio nacional, incluyendo Guanajuato.

En cuanto a las edades de los árboles de *Taxodium* se reconoce la presencia de individuos centenarios en los diversos sitios en Guanajuato (figura 5). Chamácuaro fue el lugar donde se pudieron estimar árboles con edades mayores de 500 años y hasta 900 años, a partir de algunos individuos con pudriciones en la médula. Mientras que en Manuel Doblado dominan individuos con 100 a 200 años y en Jerécuaro la mayoría no alcanza más de 150 años de edad.

Conclusiones

El conocimiento histórico de la variabilidad del clima constituye un elemento esencial para entender las condiciones actuales y las tendencias

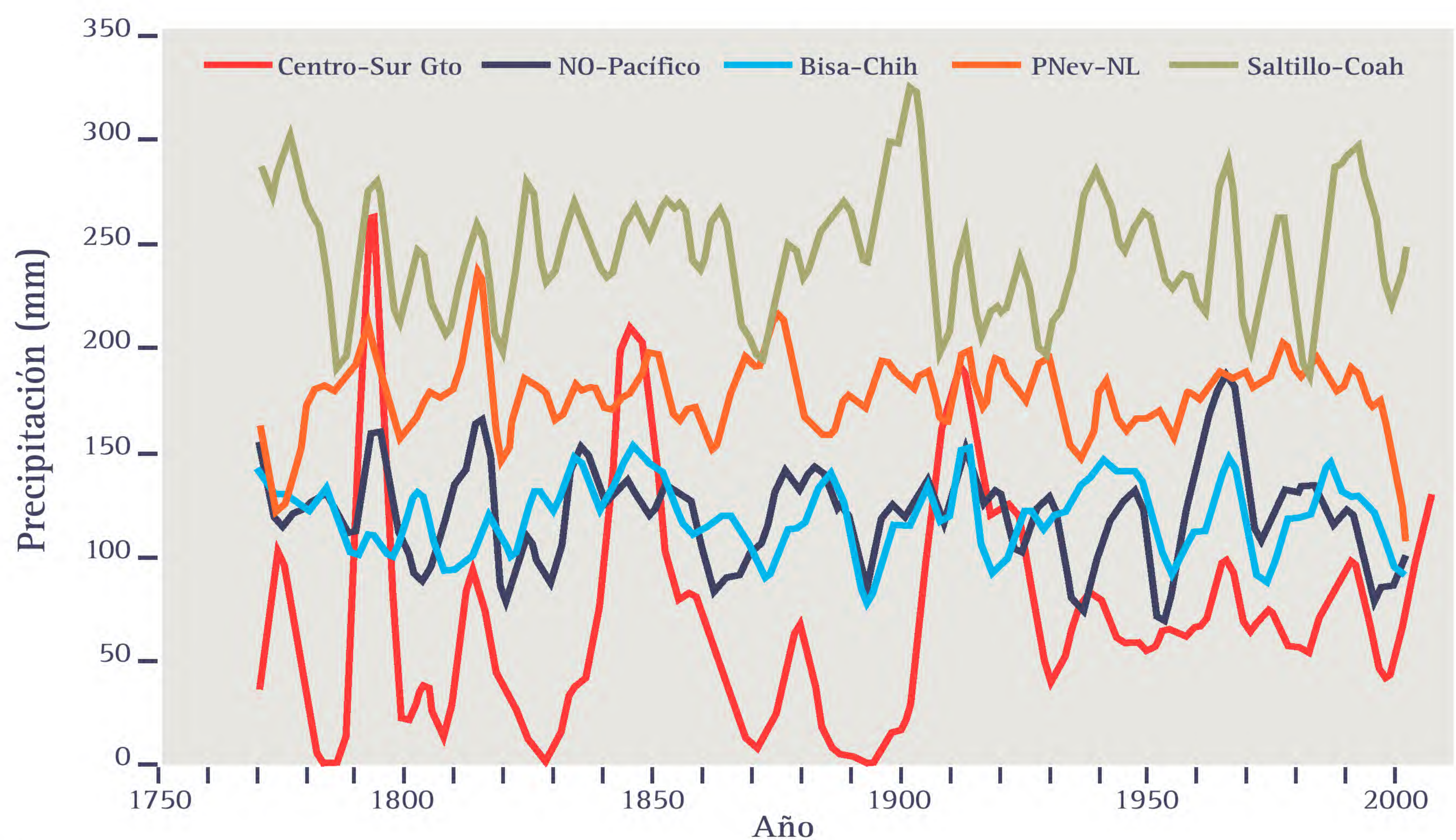


Figura 4. Tendencias de la precipitación reconstruida para el periodo invierno-primavera en diversas regiones de México, incluyendo la parte centro-sur de Guanajuato.

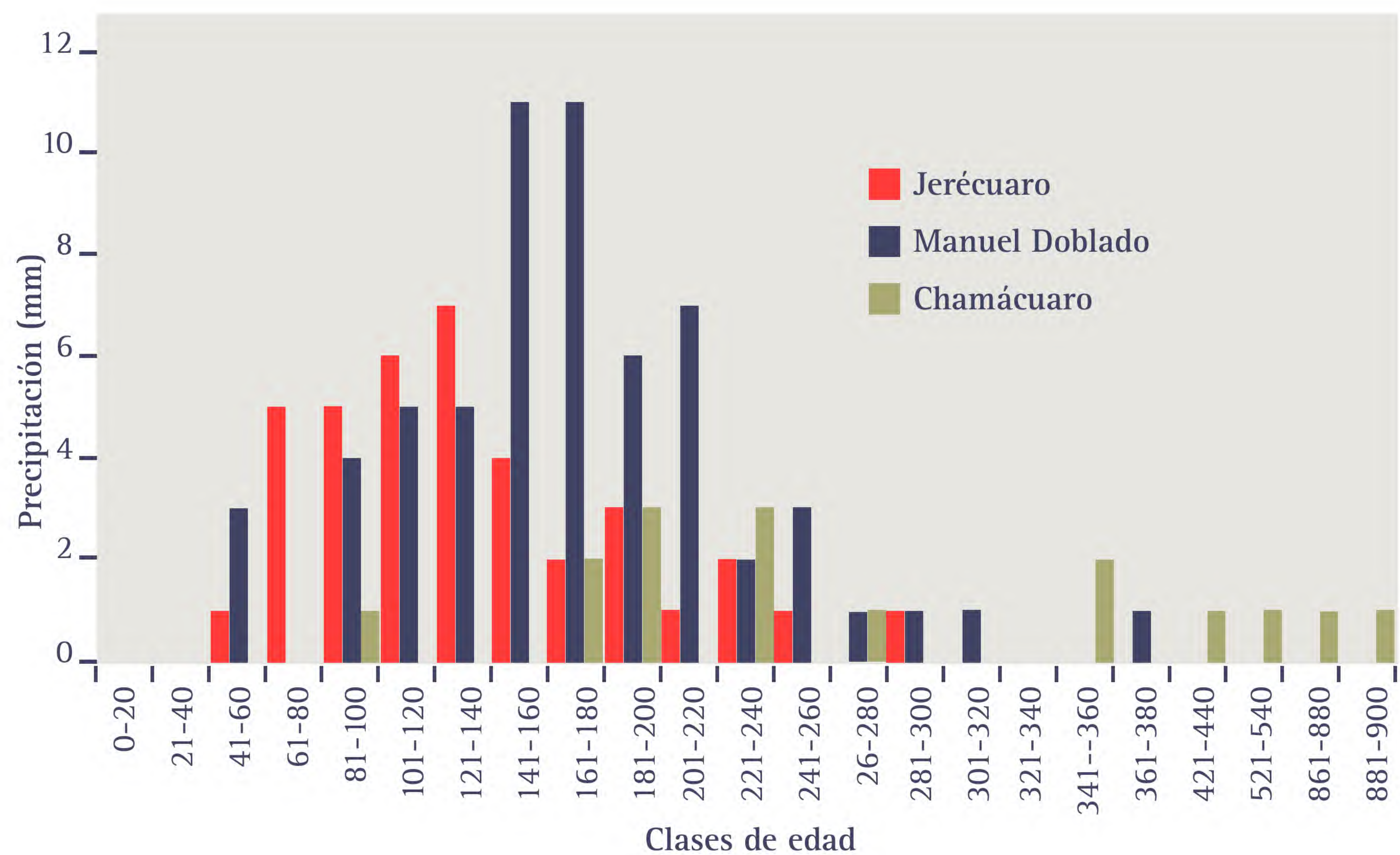


Figura 5. Edades de especímenes de ahuehuete para tres sitios de muestreo en Guanajuato.

futuras. Con ese fin, se elaboraron las cronologías de tres sitios de la parte centro-sur de Guanajuato a partir de ejemplares de ahuehuete, los que mostraron una respuesta climática similar, con lo que se puede determinar una cronología a nivel regional. Las reconstrucciones climáticas coincidieron en gran medida con eventos históricos documentados de sequías e inundaciones para el estado de Guanajuato y para otros estados de la República Mexicana.

Un análisis minucioso del efecto histórico de El Niño mostró alta inconsistencia con respecto a su impacto en Guanajuato, ya que sólo aquellos eventos de El Niño de alta intensidad tuvieron influencia en la precipitación y flujo a lo largo de todo el territorio. De esa manera, para lograr un conocimiento más sólido de la evolución y del impacto de este fenómeno, es necesario analizar el comportamiento de un mayor número de variables climáticas, junto con la información meteorológica procedente del monitoreo continuo del Pacífico Tropical, que permita un entendimiento más completo de la influencia de ENSO en Guanajuato con fines predictivos.

Es importante mencionar que las poblaciones de ahuehuete en Guanajuato se encuentran seriamente afectadas y amenazadas, debido a problemas de contaminación de los cauces, cambios en el uso del suelo y por daños físicos ocasionados directamente al arbolado; lo que se presenta particularmente en algunos sectores del río Turbio (figura 6). Muchos de los individuos centenarios de ahuehuete presentes en Chamácuaro han sido talados, quemados, podados o desramados para incrementar la frontera agrícola. Por otra parte, la información paleoclimática y ecológica contenida en los crecimientos anuales del ahuehuete, aunado a su capacidad estabilizadora de cauces y como parte de la biodiversidad acuática y terrestre, le hacen una especie merecedora de atención.

Por lo tanto, se requiere implementar lo antes posible acciones de restauración de los bosques de galería donde se desarrollan estos árboles, que involucren tratamiento de aguas residuales, así como evitar el uso del cauce como área de drenaje y el establecimiento de plantaciones de ahuehuete en los márgenes de los ríos. Además, es necesario una educación ambiental que fomente la conservación de esta y de otras especies riparias, que forman parte del patrimonio nacional.



Figura 6. Rodal de ahuehuete ubicado en un sitio aledaño a la comunidad San Juan de la Huerta, Adjuntas sobre el río Turbio. El sitio muestra alta contaminación y mortandad de árboles.

Literatura citada

Bradley, R.S. 1999. *Paleoclimatology: reconstructing climates of the quaternary*, 2ª ed. International Geophysics Series Vol. 68. Elsevier Academic Press.

Contreras, S.C. 2005. "Las sequías de México durante el siglo XIX", Investigaciones Geográficas, *Boletín del Instituto de Geografía* **56**: 118-133.

Cook, E.R. y K. Peters. 1981. "The smoothing spline: a new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies", *Tree-Ring Bulletin* **41**: 45-53.

Cortés-Barrera, E.N. 2010. *Reconstrucción hidroclimática histórica con anillos de árboles para la región de León, Guanajuato*, tesis de maestría. Tlaxcala, Tlax., Universidad Autónoma de Tlaxcala. Departamento de Ciencias Ambientales.

Endfield, G.H., I. Fernández y S.L. O'Hara. 2004. "Conflict and cooperation: water, floods and social response in colonial Guanajuato, Mexico", *Environment History* **9**: 222-247.

Florescano, E.M. 1980. *Análisis histórico de las sequías en México*. México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)/Comisión del Plan Nacional Hidráulico.

Fritts, H.C. 1976. *Tree rings and climate*. Londres, Academic Press Inc, Ltd.

———. 1991. *Reconstructing large-scale climatic patterns from tree-ring data: a diagnostic analysis*. Londres, The University of Arizona Press. Tucson & London.

Inafed (Instituto Nacional para el Fideicomiso y el Desarrollo Municipal). 2005. *Enciclopedia de los Municipios de México*. Gobierno del Estado de Guanajuato.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1998. *Estudio Hidrológico del Estado de Guanajuato*. Inegi/Gobierno del Estado de Guanajuato (GEG).

Luque, E. 1921. "Voto razonado para elegir el árbol nacional", Sociedad Forestal Mexicana, *Revista México Forestal* **1**: 3.

Martínez, M. 1963. *Las pináceas mexicanas*, 3ª ed. México, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Rzedowski, J. 1986. *Vegetación de México*. México, Limusa.

SDA. 2006. *La agricultura de temporal en Guanajuato: análisis y perspectivas para mejorar la productividad*. Guanajuato, Gto., Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Guanajuato.

Stahle, D.W., J. Villanueva, M.K. Cleaveland *et al*. 2000. "Recent tree-ring research in Mexico", en F.A. Roig (comp.), *Dendrocronología en América Latina*. Mendoza, Argentina, EDIUNC, pp. 285-306.

Stokes, M.A. y T.L. Smiley. 1968. *An introduction to tree-ring dating*. E.U.A., The University of Chicago.

Suzán-Aspiri, H., G. Enríquez-Peña y G. Malda-Barrera. 2007. "Population structure of the Mexican baldcypress (*Taxodium mucronatum* Ten.) en Querétaro", México, *Forest Ecology and Management* **242**: 243-249.

Treviño, J., C. Cavazos y O.A. Aguirre. 2001. "Distribución y estructura de los bosques de galería en dos ríos del centro-sur de Nuevo León", *Madera y Bosques* **7**: 13-25.

Villanueva, J., D.W. Stahle, M.D. Therrell *et al*. 2003. "Registros climáticos de los ahuehuetes de Chapultepec en los últimos 450 años", *Boletín del Archivo Histórico del Agua* **8**: 34-42.

———, B.H. Luckman, D.W. Stahle *et al*. 2005. "Hydroclimatic variability of the upper Nazas basin: water management implications for the irrigated area of the Comarca Lagunera", *Dendrocronologia* **22**: 215-223.

———, J. Cerano Paredes, D.W. Stahle *et al*. 2006. *Árboles viejos del centro-norte de México: importancia ecológica y paleoclimática*, folleto científico núm. 20. Gómez Palacio, Durango. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Centro Nacional de Investigación Disciplinaria-Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (Cenid-Raspa).

———, D.W. Stahle, B.H. Luckman *et al*. 2007. "Potencial dendrocronológico de *Taxodium mucronatum* Ten. y acciones para su conservación en México", Ciencia Forestal **32**: 9-37.

———, P.Z. Fulé, J. Cerano *et al*. 2009. "Reconstrucción de la precipitación estacional para el barlovento de la Sierra Madre Occidental", *Ciencia Forestal en México* **34**: 37-69.

CONSERVACIÓN *IN SITU* DE LA BIODIVERSIDAD DEL MAÍZ

José Alfonso Aguirre Gómez | María de Lourdes García Leaños

México es centro de origen y distribución del maíz (Wellhausen *et al*., 1951), lo cual queda demostrado por la gran cantidad de razas y tipos de maíz clasificados a lo largo de nuestro país. En el Bajío guanajuatense se distribuyen algunas de las razas que han sido importantes para satisfacer la demanda alimenticia de las familias campesinas, principalmente en las áreas o regiones en donde se practica la agricultura de temporal. Actualmente, estas razas han sido desplazadas y se están dejando de sembrar, por lo que su pérdida es inminente (Aguirre, 1999; Brush *et al*., 1988).

Para evitar la pérdida de nuestros recursos fitogenéticos se han emprendido diversas acciones a nivel mundial para establecer acuerdos sobre el estudio y manejo de la diversidad vegetal. Las instituciones de investigación necesitan generar bases científicas que permitan la conservación *ex situ* e *in situ* de las especies vegetales. Actualmente existen pocos estudios que integren la forma de realizar la conservación con la participación de agricultores *in situ* (Altieri y Merrick, 1987). De acuerdo con ello, y con la finalidad de conocer la situación de la diversidad del maíz, se realizaron colectas de las poblaciones criollas o de razas nativas de maíz durante los años 1999-2003 en las tres regiones productoras de maíz en el estado (centro, norte y sureste). El trabajo pretende asegurar la conservación de las poblaciones nativas, evitar costos por la adquisición de semillas externas y fomentar aspectos culturales que acompañan a las poblaciones de maíz.

Descripción del área de estudio

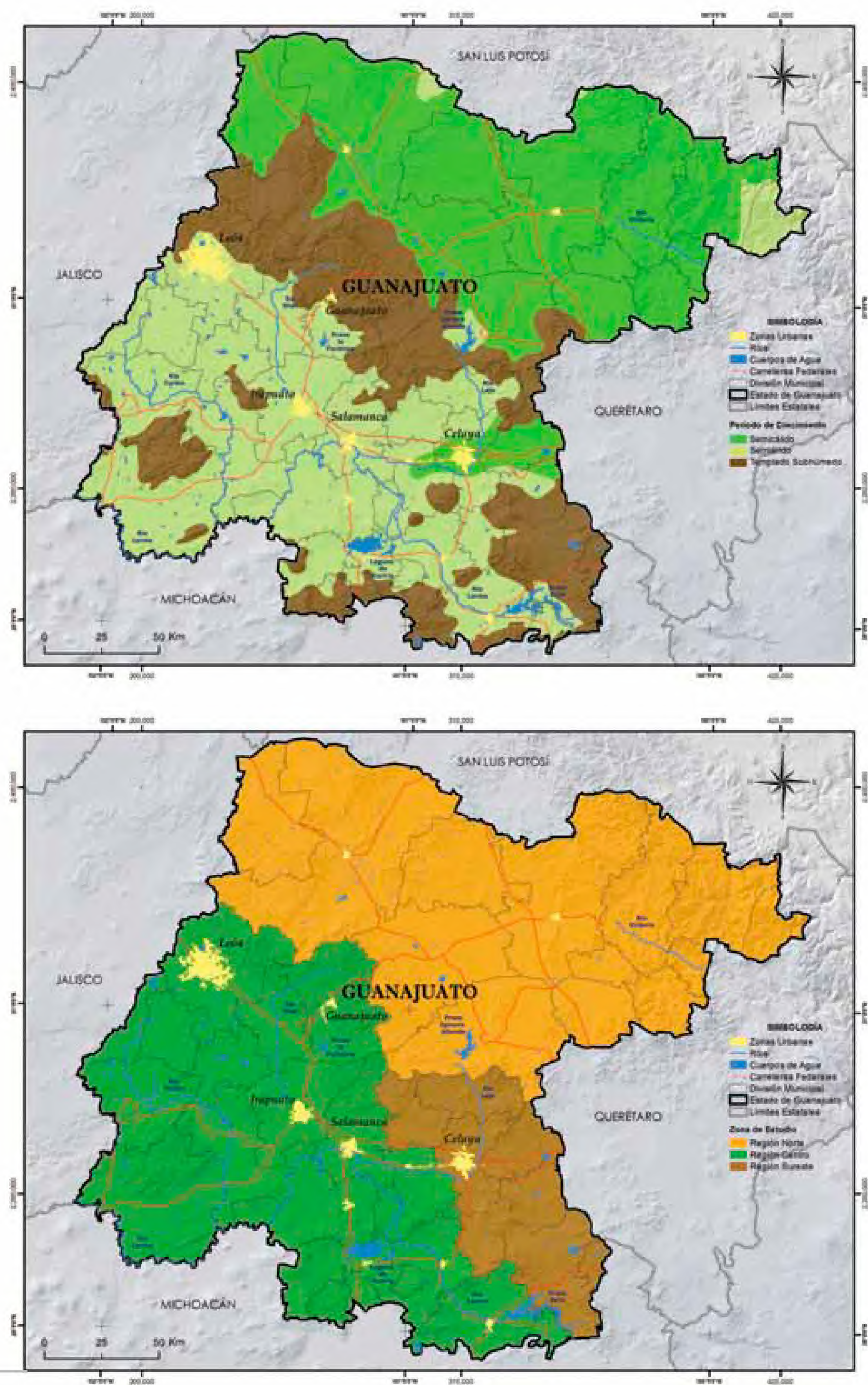
Esta investigación se desarrolló en las regiones agroecológicas que se ubican en el estado de Guanajuato: 1) Región del Bajío, que corresponde al centro y sur del estado con altitudes que van de 1 600 a 1 800 msnm, clima templado con temperatura media anual de 20 °C y rango de precipitación de 450-850 mm anuales. En esta región se ubican los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) 03 León, 04 Celaya y 05 Cortázar; 2) Región semiárida que corresponde al norte del estado, con altitudes que van de 1 800-2 200 msnm, clima templado semiseco con temperatura media anual de 18 °C y una precipitación entre 350-500 mm anuales. En esta región se ubican los DDR 01 Dolores Hidalgo y 02 San Luis de la Paz, ambas regiones en donde el cultivo de maíz ocupa la mayor extensión del área sembrada en el estado, lo cual ha hecho que se conserven muchos aspectos culturales sobre la producción del grano (Tapia y García-Nieto, 1991).

Las dos regiones agroecológicas se dividieron en tres áreas agrícolas importantes para la producción de maíz. Estas son: región norte, que concuerda con la división de los DDR 01 y 02, y se encuentra formada por 13 municipios, la región sureste que comprende el área del DDR 04, formada por ocho municipios, y, por último, se ubica a la región centro-sur que concuerda con la división de los DDR 03 y 05, formada por 15 municipios (figuras 1 y 2).

Método

De cada variedad y población se escogieron seis mazorcas representativas durante la temporada de cosecha, entre diciembre y enero, para obtener una muestra representativa de las semillas. De dicha muestra se tomaron de 4 a 6 granos por cada mazorca para formar un compuesto balanceado de la población –de 200 a 400 granos– (Aguirre *et al*., 1998). El trabajo fue realizado en varias etapas: en 1999 se iniciaron las actividades en la región sureste, en 2002 el estudio fue enfocado en la región centro-sur y, por último, en 2003 se realizó la recolecta en la región norte del estado. Las muestras recolectadas se registraron con el apoyo del doctor Juan Manuel Her-

Aguirre Gómez, J. A. y M. de L. García Leaños. 2012. "Conservación *in situ* de la biodiversidad del maíz " en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 456-459.



Figuras 1 y 2. Regiones agroecológicas para la producción de maíz, asociado a los tipos de clima del estado de Guanajuato.

nández Casillas, experto en identificación morfológica de poblaciones de maíz.

Al mismo tiempo se aplicaron encuestas a los productores para obtener información sobre aspectos generales de cada unidad de producción (familia, financiamiento, comercialización, formas de selección de semillas, tipo de semillas y usos del maíz).

Resultados y análisis

El análisis sobre diversidad del maíz en la entidad mostró que los productores conservan aún sus semillas de las distintas razas, se presentó un total de 363 diferentes poblaciones de maíz, aunque la cantidad de producción difiere con los usos. La región con mayor diversidad de germoplasma nativo fue el sureste con 260 recolectas, debido posiblemente a las favorables condiciones agroecológicas para el desarrollo del cultivo de maíz y por la limitada interacción que se tiene con tecnologías modernas, infraestructura y medios necesarios para la producción del mismo (Smale *et al*., 1999).

En la región centro-sur, el desplazamiento de las poblaciones de las distintas razas ha sido fuerte, a tal grado que han sido confinadas a laderas, traspatios y áreas aisladas de temporal. Inclusive en algunos casos se manifiesta molestia por parte de agricultores cuando se siembran estas razas cerca de parcelas con maíces híbridos, debido al entrecruzamiento del polen entre las variedades, lo que demerita el precio de sus cosechas.

En la región norte el bajo número de muestras es reflejo de la fuerte variación ambiental que se presenta en esta parte del estado. Cabe mencionar que el año 2003 no fue bueno para esta región por la ausencia de lluvias en la etapa de llenado de grano.

De acuerdo con la clasificación se determinó el porcentaje de razas nativas, cruzas, acriollados, mejorados, y se distinguió entre grano blanco, de color y mezclado. Los resultados se estandarizaron en las tres regiones para poder comparar la información (cuadro 1).

En cuanto a la presencia de las diferentes cruzas, en la región centro-sur, 97% del total de las muestras fue de materiales nativos y de cruzas

Cuadro 1. Poblaciones criollas de maíz colectadas en el estado de Guanajuato entre 1999 y 2003.

Sureste	Norte
260	35
59	86
33.5	14
3.5	0
4	0
69	69
30	28
1	3
Celaya, Elotes Cónicos	Cónico Norteño, Ratón
Cónico Norteño, Mushito	Elotes Cónicos
Pepitilla, 1000 Granos	
Amarillo Dulce, Tuxpeño	
Rica	Pobre
Socioeconómico	Ambiental y Socioeconómico

entre ellos, el resto correspondió a materiales mejorados; no se presentaron mezclas de materiales mejorados con razas nativas (acriollados). En esta región en particular los materiales nativos fueron localizados en áreas aisladas, sembradas en terrenos de temporal, laderas y traspatios. De la misma manera, en la región sureste, 92% de las recolectas fueron de materiales nativos y de cruzas entre ellos, 4% correspondió a materiales mejorados y 3.5% fueron los acriollados. En cambio, en el caso de la región norte, 100% de las muestras fue de materiales nativos y de cruzas entre ellos, no se identificaron materiales mejorados ni acriollados.

Con relación al color de grano se presentó un aspecto interesante y constante a través de las tres regiones, la proporción de muestras de grano blanco y de otros colores (negro, rojo, amarillo, pinto, etcétera) mantuvo una relación de 70:30%, respectivamente. Esta información sugiere que el germoplasma de color es utilizado sólo en pequeñas áreas de siembra, debido quizás a problemas de comercialización, y por ser fuertemente atacados por plagas durante su almacenamiento. Sin embargo, los granos de color son importantes ya que las familias campesinas los usan para la elaboración de tamales, tortillas, esquites, pinole, ponteduro, pozole, elote tierno, etcétera.

Las razas identificadas, que dominan en el estado son la Celaya y Cónico norteño, lo cual coincide con otros estudios realizados en la parte

central de la República Mexicana (Wellhausen *et al*., 1951; Lamp, 1991). En la región centro-sur se encontró presencia de cuatro razas diferentes: Tablilla, Tabloncillo, Ratón y Elotes occidentales; mientras que en la región norte se encontraron muestras que representan a las razas Cónico norteño, Ratón y Elotes cónicos. La mayor abundancia de razas identificadas fue en la región sureste con más de diez diferentes razas; además de Celaya y Cónico norteño, se encontró Elotes cónicos en muchas variantes (negro, rojo, amarillo, pinto), Mushito, Pepitilla, Versión 1 000 granos, Amarillo dulce en tonalidades amarillas, rojizas y amieladas, Tablilla de ocho, Ancho, Bolita, Tuxpeño, Tabloncillo perla, etcétera.

Comentarios finales

La información recabada indica que aún se conserva y se mantiene la gran diversidad de maíz en el estado, independientemente de las condiciones ambientales y las nuevas tecnologías ofrecidas. El análisis de diversidad de maíz en las tres regiones de la entidad muestra que la región sureste es una típica región agrícola que está actuando como reservorio para la conservación del germoplasma nativo de maíz. El norte del estado representa otra región con una alta diversidad respecto a los usos de la planta. Por el contrario, en la región centro-sur la superficie sembrada es menor y tiene una limitada diversidad de especies, además, la demanda para satisfacer aspectos básicos de consumo y venta dentro de las unidades de producción es menor.

Sin embargo, el esfuerzo de los productores a través de sus estrategias de manejo ha evitado la erradicación de estos recursos naturales y ha contribuido a mantener y aumentar la biodiversidad. El factor socioeconómico presenta mayor influencia en el proceso de sustitución o eliminación de materiales nativos. Mientras que en el sureste y norte no hay amenazas de una reducción de la diversidad del maíz, la región centro-sur es más susceptible a la pérdida de materiales nativos, asociado a factores ambientales y socioeconómicos. Los incentivos proporcionados para la producción, infraestructura, acceso al crédito y modernas tecnologías inciden en cambiar el objetivo de producción de los agricultores, por lo que se sustituye la producción de autoconsumo por el criterio empresarial, con el objetivo de satisfacer los requerimientos establecidos por el mercado. De este modo, el desplazamiento de las razas de maíz se efectúa no sólo por el ingreso de maíces mejorados, sino también por el cambio hacia cultivos más rentables (hortícolas, forrajeras, industriales) y otras actividades económicas como la migración y el trabajo realizado fuera de la unidad de producción en los sectores industrial y de servicios.

Literatura citada

Aguirre, J.A., M.R. Bellon y M. Smale. 1998. *A regional analysis of maize biological diversity in southeastern Guanajuato, México.* Economics Working Paper 98- 06. México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

———. 1999. *Análisis regional de la diversidad del maíz en el Sureste de Guanajuato,* tesis de doctorado. México, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Altieri, M.A. y L.C. Merrick. 1987. "*In situ* conservation of crop genetic resourses through maintenance of traditional farming systems", *Economic Botany* **41**: 86-96.

Brush, S.B., M. Bellon y E. Schmidt. 1988. "Agricultural development and diversity in México", *Human Ecology* **16**: 307-328.

Lamp (Proyecto Latinoamericano de Maíz). 1991. *Catálogo del germoplasma de maíz*, tomo II, pp. 395-703.

Smale, M., A. Aguirre., M. Bellon *et al.* 1999. "Farmer management of maize diversity in the Central Valleys of Oaxaca, México: 1998 Baseline Socioeconomic Survey". CIMMYT. *Economics Working Paper* núm. 99-09. México, CIMMYT.

Tapia, N.A. y H. García-Nieto. 1991. *Marco de Referencia y catálogo de tecnologías agropecuarias para el Distrito de Desarrollo Rural 04 CELAYA*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)/Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío (Cebaj)/Proyecto de organización, capacitación, asistencia técnica e investigación (Procati).

Wellhausen, E.J., L.M. Roberts, X.E. Hernandez *et al.* 1951. *Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución.* México, Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). Oficina de Estudios Especiales. Folleto Técnico núm. 5.

10 Capítulo

LA NAO DE ZIUSUDRA EN EL ESTADO DE GUANAJUATO: CONSERVACIÓN *EX SITU*

Ramón Cecaira-Ricoy | Óscar Sánchez

Introducción

En la mitología Sumeria, una de las civilizaciones más antiguas, se narra un diluvio universal. En ella el dios Enki previene al sabio Ziusudra sobre la inminente destrucción del mundo y le instruye sobre la construcción de un navío, en el cual debería albergar a dos ejemplares de todos los seres de la Tierra para, de esta manera, conservarlos y repoblarla una vez que las aguas hubieran disminuido su nivel (Margueron, 1996). Esto parece ser el antecedente más remoto de la idea de la conservación de seres vivos fuera de su ambiente natural. Técnicamente, en latín, a este tipo de conservación se le conoce como *ex situ* (fuera del sitio).

La conservación *ex situ*, en su concepción más básica, busca la preservación de aquellas especies que debido a múltiples causas ya no son capaces de sobrevivir y dejar descendencia en su medio natural. En esos casos, sin una intervención activa, que implica el manejo de estas especies en instalaciones fuera de su ambiente natural como jardines botánicos, zoológicos, refugios de vida silvestre, acuarios y otros, las probabilidades de supervivencia de esas especies se vuelven casi nulas, amenazando a esos organismos con la extinción (Frankham *et al*., 2004).

Con el desarrollo tecnológico, la conservación *ex situ* ha ido a niveles de alta especialización en sus esfuerzos por mantener poblaciones en cautiverio, desde la propagación a corto y a largo plazo, la incubación asistida, la incubación e inseminación artificial, la transferencia de embriones, la conservación de semillas congeladas, de semen y óvulos, y hasta de ADN (Conway, 1988; Dresser, 1988; Seal, 1988; Pask *et al*., 2008). Pero la tecnología a ese nivel es y seguirá siendo muy costosa, por lo que es común que se recurra a conservar un número de animales vivos en cautiverio con propósitos de reproducción.

La conservación *ex situ* es una disciplina que se apoya en varias ramas de la biología y de la medicina veterinaria. Como se puede imaginar, el reto para realizar un programa de este tipo es considerable e involucra muchos factores, pero lo más difícil, quizá, es tomar la decisión de emprender –o no– un proyecto de esta naturaleza. Existen casos en los cuales la especie que interesa ya está extinta en la naturaleza y hoy sólo sobrevive en jardines botánicos o zoológicos, casos por los que surge una pregunta bioética: ¿vale la pena preservar la especie fuera de su hábitat natural?, ¿es válido o viable intentar la reintroducción de dicha especie?, ¿sería justificable hacerlo fuera de su área de distribución original?, y de estimarse así ¿dónde?, o bien ¿en su área original, aún existen sitios y condiciones ecológicas mínimas necesarias para hacerlo con éxito? (Maunder *et al*., 2000; Perzanowsky *et al*., 2004).

Conservación ex situ en guanajuato

El esquema legal y administrativo mexicano de conservación de vida silvestre incluye tanto aspectos de conservación en condiciones silvestres –vida libre– como en cautiverio bajo manejo intensivo (DOF, 2006*a*). Ese esquema se pone en práctica mediante las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) (Semarnat, 2009); existen UMA extensivas (predios relativamente grandes con vegetación y fauna nativa) que apoyan la conservación *in situ* y en Guanajuato existen 14 de ellas (Semarnat-Guanajuato 2009*a*). Pero también existen UMA de otro tipo, las cuales sí encuadran en el concepto de la conservación *ex situ*: son las llamadas UMA intensivas. Las UMA intensivas pueden entenderse como confinamientos oficialmente autorizados, usualmente pequeños, en los que se procura la reproducción de especies silvestres restringiendo su desplazamiento y dispersión (DOF, 2006*b*), algunas nativas y, lamentablemente, la

Cecaira Ricoy, R. y Ó. Sánchez. 2012. "La Nao de Ziusudra en el Estado de Guanajuato: Conservación *ex situ*" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE)., pp. 460-563.

mayoría ajenas al país o a la región pero de interés para sus propietarios por sus cualidades ornamentales o comerciales. Se dice que es lamentable porque conservar especies ajenas al país no contribuye a ningún propósito de apoyo a la preservación de la biodiversidad nacional, y ni siquiera a la recuperación efectiva de las poblaciones silvestres de las especies extranjeras que albergan. Las UMA intensivas tampoco se encuentran ligadas al concepto de conservación del hábitat natural, por lo que su utilidad es muy limitada respecto a la conservación de la vida silvestre nacional. Estas UMA intensivas incluyen distintas modalidades, que van desde los parques zoológicos y colecciones privadas de animales vivos hasta animales conservados en cautiverio como parte de espectáculos.

Las UMA intensivas registradas para el estado de Guanajuato son 78, ubicadas en 26 municipios (Semarnat-Guanajuato, 2009b). Diez de esas UMA se enfocan exclusivamente en plantas, y conservan y propagan principalmente cactáceas y agaves oriundos de zonas áridas de México, por lo que de un modo u otro apoyan la conservación de flora mexicana. Las otras 68 tienen relación con especies animales, aunque sólo unas cuantas de ellas son nativas de México. Tomando como ejemplo a los mamíferos, esas UMA (criaderos intensivos, zoológicos, colecciones privadas de animales vivos y similares, y hasta espectáculos de exhibición), tienen una relevancia mínima para la conservación del hábitat natural y de las poblaciones nativas de mamíferos silvestres del estado. Por ejemplo, para el caso de los tres parques zoológicos en la entidad (León, Moroleón e Irapuato), de acuerdo con la fuente consultada no se tienen programas de manejo *ex situ* específicamente dirigidos a la conservación viable de poblaciones nativas amenazadas de especies silvestres.

Sólo unas cuantas de esas UMA intensivas albergan algunas especies oriundas de México y que existen en vida silvestre en Guanajuato (por ejemplo, venado cola blanca, puma, coatí, mapache y pecarí), pero con frecuencia conservan animales solitarios o pies de cría pequeños, y de origen geográfico frecuentemente ajeno al estado, lo que a la larga reporta poco beneficio a la conservación, pues implica el riesgo latente de problemas genéticos que limitan la utilidad de las crías para propósitos de alguna eventual reintroducción al medio silvestre. Además, esos animales se conservan en convivencia con numerosas especies exóticas al país lo que, de no supervisar el manejo preventivo adecuado, se incrementa el riesgo de epizootias (enfermedades que afectan a un gran número de animales al mismo tiempo y en un área geográfica particular) y de introducción de patógenos exóticos, especialmente si se liberara la descendencia de esos ejemplares al medio silvestre, acción no recomendada en absoluto. Aún más, la mayoría de las UMA intensivas de Guanajuato tienen en cautiverio especies de mamíferos ajenas no sólo a México, sino al continente americano (leones, tigres, dromedarios, cebras, ciervos asiáticos, lémures y hasta murciélagos egipcios) por lo que necesitan mantener una vigilancia estricta para evitar escapes accidentales hacia el medio silvestre de la entidad.

Asimismo, para el caso de las aves, la conservación *ex situ* que se practica en Guanajuato mediante UMA intensivas –más de la mitad de las 78 oficialmente registradas– se relaciona principalmente con especies ajenas a México y al continente americano, esencialmente loros, cotorras y otros psitácidos, además de pavorreales y otras especies ornamentales. Es cierto que poco más de 30 de esas UMA intensivas conservan una variedad de especies aviares nacionales (más de las que pueden citarse aquí, como: *Ara militaris, Ramphastos sulfuratus, Ortalis vetula, Zenaida macroura* varias especies del género *Amazona*, entre otras), pero aún en esos casos debe admitirse que pocas de ellas existen de modo natural en Guanajuato.

Al igual que para los mamíferos (y, para el caso, respecto a cualquier grupo zoológico), el hecho de que algunas especies nativas de Guanajuato se reproduzcan exitosamente en cautiverio no implica directamente que las crías puedan o deban ser liberadas en el medio silvestre debido a riesgos sanitarios y a la potencial entremezcla indebida de genes, especialmente cuando se trata de descendencia de pie de cría de subespecies ajenas a la región. En cualquier caso, al menos existe un acervo de aves nacionales en cautiverio que pudiera tener alguna utilidad conservacionista en el futuro.

Otros ejemplos de conservación *ex situ* en Guanajuato se relacionan con reptiles. Hay al menos tres UMA intensivas que conservan reptiles, aunque principalmente especies exóticas a México. El Centro de Rescate y Reproducción de la Serpiente de Cascabel (en proceso de registro ante Semarnat), en el Ejido Llanos de Santana, Guanajuato, se especializa en el rescate de la serpiente de cascabel de cola negra (*Crotalus molossus nigrescens*) (Reynoso *et al*., 2012).

Bajo las circunstancias descritas, pueden considerarse a las UMA intensivas como opciones para el control de movimientos de especímenes cautivos, lo cual es en principio un objetivo válido y, desde luego, recomendable. No obstante, a pesar de su utilidad para el control oficial de las especies silvestres, en apego a la objetividad, no puede decirse que las UMA intensivas hagan actualmente una contribución significativa a la conservación de la biodiversidad nativa del estado. La conservación *ex situ* de biota nativa se encuentra, de manera general, en una fase incipiente. Resulta fundamental, en primera instancia, actualizar de manera satisfactoria los inventarios de especies nativas de distintos grupos zoológicos, botánicos, fúngicos, además es necesario determinar cuáles de esas especies ya se encuentran consideradas bajo alguna categoría de riesgo, así como continuar con estudios sobre su distribución, abundancia y genética poblacional en condiciones naturales, para determinar si se encuentran en riesgo concretamente dentro del estado y ameriten apoyo para su conservación con poblaciones mantenidas *ex situ*.

Una vez que se tiene claro el panorama se puede comenzar a trabajar en dos vías: por una parte con estrategias de conservación y regeneración de hábitat dentro de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y en UMA extensivas, incluyendo algún tipo de reclasificación y ampliación de las mismas, enfocadas a la creación de corredores biológicos que conecten hábitats nativos; y, por otra, reorganizando iniciativas, que actualmente realizan conservación *ex situ,* a fin de que estén mejor orientadas, justificadas y fundamentadas, y de que realmente signifiquen una contribución sustancial mediante la conservación *ex situ*, que pueda articularse funcionalmente con otros componentes de una estrategia de mantenimiento de la biodiversidad guanajuatense, con visión de permanencia a largo plazo.

En el mundo real, a diferencia de lo que pasa en el relato de Ziusudra, para llevar a cabo la conservación *ex situ* de manera efectiva no basta con mantener a salvo algunos ejemplares de determinada especie y esperar a que el mítico diluvio ceda y bajen las aguas. Se requiere asegurar un hábitat nativo adecuado y estable que permita, eventualmente, la reintroducción cautelosa de poblaciones de especies nativas a partir de un pie de cría local o al menos regional en su ámbito geográfico original con las debidas precauciones genéticas y sanitarias. Sin embargo, la conservación *ex situ* debe entenderse como el último recurso cuando todo ha fallado, tal como para Ziusudra la construcción del navío fue la última opción.

Literatura citada

Conway, W. 1988. "Can technology aid species preservation?", en E.O. Wilson (ed.), *Biodiversity*. Washington, D. C., National Academy Press, pp. 263-268.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2006*a*. *Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre*, artículo 24, I y II. Publicado el 30 de noviembre de 2006.

———. 2006*b*. Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre, Artículo 2, VII. Publicado el 30 de noviembre de 2006.

Dresser, B.L. 1988. "Cryobiology, embryo transfer, and artificial insemination in *ex situ* animal conservation programs", en E.O. Wilson (ed.), *Biodiversity*. Washington, D.C., EUA, National Academy Press, pp. 296-308.

Frankham, R., J.D. Ballou y D.A. Briscoe. 2004. *A primer of conservation genetics*. Reino Unido, Cambridge University Press.

Maunder, M., A. Cuhlman, B. Alden *et al*. 2000. "Conservation of the toromiro tree: case study in the management of a plant extinct in the wild", *Conservation Biology* **14**: 1341-1350.

Margueron, J.C. 1996. *Los Mesopotámicos*, Madrid, Cátedra.

Pask, A.J., R.R. Behringer y M.B. Renfree. 2008. "Resurrection of DNA function *in vivo* from an extinct genome", *PLoS ONE*, **3**: 1-5.

Perzanowski, K., W. Olech y I. Kozak. 2004. "Constrains for re-establishing a meta-population of the European bison in Ukraine", *Biological Conservation* **120**: 345-353.

Reynoso V.H., A. Hernández Quintana y G.E. Magaña Cota, 2012. "El centro de rescate y reproducción de serpientes de cascabel" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).

Seal, U.S. 1988. "Intensive technology in the care of *ex situ* populations of vanishing species", en E.O. Wilson (ed.), *Biodiversity*. Washington, D.C. E.U.A., National Academy Press, pp. 289-295.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2009. En *http://www.semarnat.gob.mx/estados/guanajuato/servicios/Paginas/forestal.aspx*, última consulta en 2009.

Semarnat-Guanajuato (Secretaría de medio Ambiente y Recursos Naturales, Delegación Federal en el Estado de Guanajuato). *2009a. Subdelegación de Gestión para la Protección Ambiental. Unidades extensivas de manejo para la conservación de la vida silvestre –predios autorizados donde se pueden realizar actividades cinegéticas–*, actualizado al 30 de marzo de 2009.

———. 2009*b*. *Unidades intensivas de manejo para la conservación de la vida silvestre*, actualizado al 30 de marzo de 2009.

ARBORETUM AGROFORESTAL CON ÁRBOLES Y ARBUSTOS SILVESTRES, CEBAJ-INIFAP



Teresita del Rosario L. Terrones Rincón | Claudia Martínez Ayala | Miguel Ángel Hernández Martínez

Con base en la necesidad de conocer alternativas para la reconversión productiva de parcelas bajo condiciones de temporal, así como de opciones para restauración y reforestación de zonas degradadas, se inició en el año 1999 una línea de investigación sobre agroforestería con árboles y arbustos multipropósito nativos del estado de Guanajuato en el Campo Experimental Bajío del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Cebaj-INIFAP). Los resultados preliminares permitieron visualizar el poco conocimiento sobre árboles y arbustos en los diversos tipos de vegetación nativa o silvestre presentes en el estado, y con ello la urgente necesidad de investigar sobre estas especies vegetales para promover su manejo sostenible y la concientización sobre cómo preservarlos y conservarlos tanto *in-situ* como *ex-situ*.

Por lo tanto, como parte de la formación de un banco de germoplasma y de la conservación *ex-situ* se decidió iniciar un arboretum dentro del Cebaj (lotes 34 y 26), donde se establecieron las principales especies arbóreas utilizadas para diversos fines, las que se detectaron, seleccionaron y propagaron con base en el diagnóstico participativo y la colecta de semillas realizada junto con habitantes de comunidades rurales, cercanas a las principales serranías del estado (Terrones, 2003; Terrones *et al*., 2004). Se inició la plantación de arbustivas en una extensión de 4 ha, el 24 de octubre del año 2000, y a la fecha se continúan estableciendo nuevas especies o realizando reposición de plantas. Esta superficie está dividida en 144 parcelas de 5 m de largo por 10 m de ancho, con tres hileras de árboles y dos callejones para uso agrícola, las especies están sistematizadas por familias botánicas, especies y en algunos casos procedencias (figura 1).

En el apéndice 1 se enlistan las 90 especies de árboles y arbustos nativos multipropósitos establecidos durante el periodo de 2000 a 2009, las cuales pertenecen principalmente a la vegetación nativa existente en la entidad pero que están presentes en la región semiárida del centro de México (selva baja caducifolia, mezquiteras, matorral espinoso y, en menor grado, de bosque templado subhúmedo).



Figura 1. Arboretum agroforestal, árboles o arbustos nativos con trigo, Cebaj-INIFAP, durante el año 2002 (fotografia de Rosario Terrones).

Todas las especies del arboretum fueron seleccionadas por su valor comercial o de autoconsumo y de servicio ambiental, considerando criterios de conservación de la biodiversidad, restauración ambiental, potencial agroforestal y obtención de productos maderables y no-maderables así como su potencial para restaurar la fertilidad de suelos, controlar la erosión, captar agua de lluvia, alimento y refugio de fauna silvestre y valor cultural, entre otras (Terrones *et al*., 2006, 2007).

Objetivos del arboretum

1. Generar información a largo plazo mediante proyectos de investigación que permitan conocer la propagación, caracterización fenología y manejo silvícola de las especies arbustivas nativas mul-

Terrones, R. T. del R. L., C. Martínez Ayala y M. Á. Hernández Martínez. 2012. “Arboretum agroforestal con árboles y arbustos silvestres, Cebaj-INIFAP” en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), pp. 464-466.







Figuras 2, 3 y 4. Actividades de investigación, transferencia y educación ambiental en el arboretum agroforestal, Cebaj-INIFAP (fotografías de Rosario Terrones).

tipropósito; evaluar el servicio ambiental como la fijación de nitrógeno, hábitat de fauna silvestre, sombra, nicho de insectos benéficos o atracción de plagas, entre otros (figura 2). Desafortunadamente sólo se ha obtenido financiamiento para su establecimiento y actualmente sólo se brinda mantenimiento básico pero no cuenta con recursos financieros para investigación.

2. Caracterizar el potencial de rendimiento de productos no-maderables para generar información que complemente el uso sostenible por parte de los pobladores de las comunidades rurales, como: dendroenergía, apicultura, curtiduría, artesanía, ornamental, ceremonial, entre otros. Este objetivo no se ha logrado porque no se cuenta con recursos financieros.

3. Evaluar las interacciones con cultivos agrícolas bajo condiciones de temporal, con diseño agroforestal, y realizar una preselección de individuos con mayor potencial semillero que proporcione a largo y mediano plazo material genético necesario para fomentar su propagación e inclusión en plantaciones, para restauración o reforestación (figura 3). Respecto a este punto se obtuvo información sobre cultivos intercalados únicamente durante los primeros cuatro años, ya que actualmente no hay financiamiento; cabe señalar que es en este momento cuando se podría obtener obtener mayor información de interacciones ya que los árboles han crecido.

4. Contar con un banco de germoplasma y la conservación *ex-situ* de especies arbóreas nativas útiles que ayude a promover su manejo sostenible mediante la participación en la educación ambiental de varios sectores de la población (figura 4). Este objetivo está en curso dado que muchos de los árboles y arbustos están iniciando su periodo de fructificación y a pesar de que no hay financiamiento para organizar colectas y el banco de semillas.

Necesidades financieras

Implementar el arboretum agroforestal en el Cebaj-INIFAP ha requerido recursos financieros, físicos y humanos que no son fáciles de conseguir dado que las instituciones que financian proyectos de investigación o transferencia de tecnología no consideran prioritario invertir en

bancos de germoplasma como éste, a pesar de representar una biblioteca viva de especies de gran valor para nuestro país. Es por ello que se pone de manifiesto la urgente necesidad del apoyo solidario y constante de las autoridades del sector ambiental, forestal y agropecuario para asegurar la interacción con diversas instituciones gubernamentales y no-gubernamentales que requieren del conocimiento y transferencia de tecnología silvícola, información que sólo se obtiene en parcelas permanentes con árboles. Es importante resaltar que la información y materiales que se obtengan de dichas parcelas son a su vez indispensables para iniciar un proceso de domesticación de muchas especies nativas que requieren ser evaluadas, caracterizadas y mejoradas para que sea factible propagarlas y difundirlas en forma participativa con viveristas y silvicultores en el corto, mediano y largo plazo.

Literatura citada

Terrones, R.T. del R. 2003. Informe Técnico Proyecto "*Diseño de Sistemas Silvopastoriles y Agrosilvícolas bajo condiciones de temporal del estado de Guanajuato*". Fundación Guanajuato Produce, A. C. núm. 73-99. Campo Experimental Bajío del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Cebaj-INIFAP).

———. 2007. Potencial agroforestal con arbustivas nativas en Guanajuato. Folleto Técnico. México, Cebaj-INIFAP.

———, C. González S. y S. Ríos. 2004. *Arbustivas nativas: usos y propagación*, Libro Técnico núm. 2. Guanajuato, México., Cebaj-INIFAP.

——— , S.A. Ríos, C. González, *et al.,* 2006. Traspatios agroforestales con arbustivas nativas de uso múltiple: espacios para amortiguar la desertificación. Folleto Técnico. México, Cebaj-INIFAP.



Hacia la estrategia estatal para la conservación y uso sustentable del estado de Guanajuato

Andrea Cruz Angón | Oscar Báez Montes | María Zorrilla Ramos | David Guzmán González
Sergio Zamudio Ruiz | Ramón Cecaira Ricoy | Fernando Camacho Rico

Introducción

En este último capítulo se elaboran una serie de consideraciones finales, producto de la reflexión colectiva de algunos de los coordinadores de capítulo, personal de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio) y del Instituto de Ecología del Estado (iee), a partir de las lecciones aprendidas del proceso de compilación de esta obra y sus resultados principales. *La biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*, representa un esfuerzo sin precedentes de recopilación y sistematización de información sobre la diversidad biológica de la entidad, que se encontraba dispersa en la literatura especializada o en textos inéditos, como tesis y reportes institucionales. Por primera vez se proporciona el listado estatal de 2 786 especies de plantas vasculares, que coloca la riqueza florística de Guanajuato por encima de la del Valle de México o del estado de Baja California; también, se da cuenta de la diversidad de especies animales y su estado de conservación; se documentan grupos poco conocidos como algunos grupos de invertebrados. Por otra parte, se informa que los lagos cráter del Valle de Santiago se están secando y se hace énfasis en la importancia de la conservación de los ecosistemas estatales.

Una de las primeras conclusiones de este estudio, es que el estado de Guanajuato cuenta con condiciones privilegiadas, tanto por su localización, relieve, suelos y climas, como por los recursos minerales e hídricos, que han dado lugar a una alta diversidad biológica; sin embargo, el modelo de desarrollo socioeconómico del estado y el grave desconocimiento de los servicios fundamentales que proveen los ecosistemas para el bienestar humano, han favorecido la expansión de la agricultura, la ganadería y la industria, como consecuencia de la creciente necesidad nacional de expandir y consolidar sectores productivos pujantes. Lo anterior ha precipitado el deterioro de los recursos naturales y creado problemas graves, como la sobreexplotación de los mantos acuíferos, la contaminación de los cuerpos de agua superficial, la erosión de los suelos y la degradación de más de 60% de la cubierta vegetal original.

Por otra parte, el desarrollo histórico-social del estado está marcado, entre otros aspectos, por la desaparición casi por completo de la diversidad étnica, principalmente durante la Colonia, lo que ha resultado en que Guanajuato sea hoy la entidad con menor porcentaje de población indígena a nivel nacional.

Por su historia, el estado ha sido considerado como la cuna de la independencia, de la cultura y del desarrollo económico del país. Los esfuerzos de diversos grupos académicos se han enfocado en documentar y mostrar la importancia de la entidad en estos temas. Hasta hace relativamente poco tiempo, el medio natural no era un tema de interés para el gobierno, la academia o la sociedad civil, lo que ha derivado en la ausencia de estos sectores en las acciones para conocer y conservar la biodiversidad del estado; la reciente creación de una licenciatura de biología en las universidades locales dan cuenta de un interés incipiente, pero que puede dar resultados valiosos en el futuro.

También, en las últimas dos décadas, con la creación del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato y la institucionalización del Sistema de Áreas Naturales Protegidas del estado de Guanajuato (Sanpeg) se han establecido las bases y herramientas que buscan orientar acciones y políticas hacia el conocimiento, la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, fortaleciéndose con dos procesos recientes: el primero es la compilación y publicación de este estudio,

Cruz Angón A., Báez Montes O., M. Zorrilla, *et al.* 2012. "Hacia la estrategia estatal para la conservación y uso sustentable del Estado de Guanajuato" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado* vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (iee), pp. 467-476.

Fotografía de Oscar Báez Montes.

así como la elaboración de la Estrategia Estatal para la Biodiversidad; el segundo proceso es la nueva visión de desarrollo regional, basada en los diagnósticos de cada una de las cuatro regiones del estado (noroeste, noreste, centro y sur) que incluyen como elemento importante la conservación del medio ambiente y, específicamente, el tema de la biodiversidad regional.

Este capítulo fue elaborado mediante la discusión de los coordinadores durante un taller realizado *ex profeso* y presentando, además, información de diversas contribuciones de autores de este Estudio de Biodiversidad. Se divide en las siguientes secciones: 1) Conocimiento de la biodiversidad, 2) Usos, 3) Amenazas, 4) Conservación, 5) Educación ambiental y participación ciudadana, 6) Instituciones y 7) Consideraciones finales. Se presentan las principales conclusiones derivadas del análisis de la información de cada uno de los capítulos precedentes de esta obra y se plantean algunas estrategias y acciones que permitan mejorar el conocimiento y aprovechamiento de la biodiversidad en el estado de Guanajuato. En el cuadro 1 se resumen algunas de las barreras más importantes y condiciones habilitadoras que deberían retomarse y desarrollarse con mayor detalle durante la formulación de la Estrategia para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Guanajuato.

1. Conocimiento de la biodiversidad

La ocurrencia en el estado de Guanajuato de tres provincias fisiográficas: en la porción nororiental la Sierra Madre Oriental; en la parte norte-central la Mesa del Centro y en la parte centro-sur el Eje Neovolcánico Transversal, le confiere una gran variabilidad fisiográfica y ambiental, de tal forma que en el estado se pueden encontrar altitudes que varían desde 640 hasta 3 320 msnm (Oliva-Aguilar, 2012.), así como un complicado patrón hidrográfico y de distribución de suelos (Quijano-Carranza y Rocha-Rodríguez, 2012). Estos factores ambientales determinan la presencia de cinco tipos de vegetación principales con 26 asociaciones vegetales distintas (Zamudio, 2012).

En el estado actualmente se pueden encontrar 2 786 especies de plantas vasculares, entre las que se registran 165 especies de árboles silvestres, que representan 6% de la flora fanerogámica estatal (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2012), 136 de hongos, 38 de peces, 25 de anfibios, 8 de reptiles, 420 de aves y 87 de mamíferos. Esta riqueza biológica está determinada en gran medida por la heterogeneidad de las variables ambientales. Las afinidades geográficas de la flora y la fauna encontradas en el estado están determinadas en buena medida por su ubicación en el límite entre los reinos Holártico y Neotropical, incluyendo un reducido grupo de especies endémicas.

A pesar de que se cuenta con información básica de la presencia de los principales grupos biológicos, es necesario enfocar los esfuerzos hacia estudios de distribución y abundancia de estos organismos en los distintos municipios del estado para determinar su situación y definir prioridades de conservación.

Entre los tipos de vegetación sobre los que, según los expertos, no se cuenta con información suficiente están los bosques tropicales caducifolios y la vegetación riparia, así como de los humedales del estado.

Las regiones menos estudiadas desde el punto de vista biológico son las regiones noreste, noroeste (subregión 4) y sur (subregión 8 y 10). Los municipios para los que hacen falta desde listados básicos de grupos biológicos, estudios ecológicos básicos (distribución y abundancia), estudios de fragmentación y conectividad, entre otros, son: Pénjamo, Cuerámaro, Manuel Doblado, Purísima del Rincón, Jerécuaro, León, Ocampo, San Felipe, San Diego de la Unión, Victoria, Xichú y Atarjea. La escasa información de estos sitios puede deberse a la falta de reconocimiento de su importancia biológica, aunada a la accidentada topografía, la lejanía de las principales ciudades del estado, su superficie relativamente pequeña y a la carencia de vías de comunicación, particularmente para la región noreste del estado.

Sin embargo, una conclusión importante de este estudio es que existen zonas que, aunque no se conocen en su totalidad, albergan especies únicas como es el caso del cerro del Zamorano en cuya cumbre habita un conjunto de especies de plantas de distribución restringida (Gómez, 2012), o el caso de los municipios ubicados en la región

Cuadro 1. Barreras y condiciones habilitadoras a considerar para formular una Estrategia para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Guanajuato.

	Descripción	Acciones	Responsable
A. Barreras			
Normativas	• Falta de claridad y contundencia en los instrumentos municipales • Falta una política sobre corredores biológicos, sobre conservación de cuerpos de agua y corrientes • El papel de la Propaeg es muy limitado • Carencia de reglamentación local en municipios de alta biodiversidad	• Capacitar a municipios • Ampliar las atribuciones del IEE para corredores y conservación en cuerpos de agua • Inclusión en la LPPAEG de un capítulo específico de Biodiversidad, ligado a la ECUSBEG. • Formulación y aplicación de reglamentos locales en materia ambiental, incluyendo a la biodiversidad	IEE, CEAG, Propaeg, SDA, CONABIO Inafed
Presupuestales	• No hay una estructura operativa para las ANP. • No es suficiente el presupuesto • Pocos proyectos institucionales enfocados a la biodiversidad • No hay presupuesto explícito para acciones para fomentar la conservación y uso de la biodiversidad		IEE, legislativo Iplaneg sector privado, Conacyt-fondos concurrentes, Universidad de Guanajuato
Gestión y operativas	• Generar y fomentar mejores tecnologías para el uso adecuado de los recursos y tratamiento para la contaminación de suelos y aguas • Desarrollar y facilitar la transferencia de tecnologías para la restauración	• Realizar foros con las organizaciones que hacen investigación y desarrollo tecnológico, concientizarlas y comprometerlas	IEE, Universidad de Guanajuato, INIFAP, Cinvestav, otras universidades, sector privado, OSC
Económicas	• La principal barrera es la concepción de las actividades económicas en el estado, con enfoques productivos (industrial, agropecuaria y minera) sin importar sus pasivos ambientales. • Poca remuneración de los beneficios derivados de la biodiversidad por parte de las comunidades locales.	• Instrumentos económicos a favor de la biodiversidad, y aplicación de sanciones (económicas y administrativas). • Acciones de fomento con recursos para la conservación, el uso sustentable y la restauración. • Cambiar la visión de la conservación y uso de la biodiversidad como un aspecto de competitividad • Impulsar proyectos que fomenten el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad. • Creación de fondos o fideicomisos para mantener servicios ambientales producto de la conservación de la Biodiversidad. • Gestionar pago por captura de carbono y servicios ambientales	Semarnat, SHCP, IEE, SDES, fideicomiso de la región centro-occidente, Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable Profepa Conafor
Organizacionales	• Faltan organizaciones de la sociedad civil, tanto locales como presencia de externas • Carencia de una cultura al respecto excepto en lugares muy puntuales (SMA y Gto.) • La tradición organizativa en el medio rural, tiene que ver con las actividades agropecuarias, no con las de conservación. No hay ejidos y/o comunidades que puedan ser un ejemplo histórico de aprovechamiento sustentable de recursos naturales • Poca coordinación interinstitucional	• Comunicación, educación, asesoría. • Integración de un Comité Consultivo y uno técnico sobre Biodiversidad de Guanajuato	IEE, SDA, INCA rural, OSC

Cuadro 1. Continuación.

	Descripción	Acciones	Responsable
Conducción/ liderazgo	• No hay facultades explícitas en la ley para acciones de Biodiversidad • Falta potencializar las sinergias realizadas por los pocos grupos de trabajo dedicados a la biodiversidad	• Inclusión de una sección explícita para Biodiversidad, que permita la creación de un organismo encargado del tema de biodiversidad estatal	Gobierno del Estado, IEE, OSC, universidades, centros de investigación
Mandato/política	• Carencia de un instrumento de gestión que sirva para la negociación política • No es prioridad el tema ambiental en la política pública	• Desarrollo de Estrategia Estatal para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad • Impulsar acciones a favor de la biodiversidad dentro de los planes sexenales de gobierno	Cámara de diputados, IPLANEG, poder ejecutivo, IEE,
Otras	• Restauración: este tema no tiene mandatos, políticas, presupuestos y es fundamental • Monitoreo de comunidades y especies en peligro, en alguna categoría de protección o endémicas		
B. Factores habilitadores/facilitadores			
Normativas	• La restructuración del SANPEG, el ordenamiento estatal y los municipales puede establecer un parteaguas para incluir acciones mas eficientes y eficaces en materia de biodiversidad • Existencia de una normativa base estatal • Reformas en proceso que consideran a la Biodiversidad	• Fortalecer las capacidades de los municipios • Asegurar la inclusión del tema de la biodiversidad dentro de estos instrumentos • Realizar las reformas a la legislación estatal para la inclusión de capítulos dedicados explícitamente para la biodiversidad, además del de áreas naturales protegidas	IEE, IPLANEG, municipios,
Presupuestales	• Sumar esfuerzos con fondos y programas externos (federales y de iniciativa privada como ya se está haciendo) • Existencia de fondos para obtener recursos para la Biodiversidad	• Otros fondos, para la investigación, para proyectos, para Cambio Climático y para proyectos específicos de biodiversidad	IEE, organismos internacionales, (BM, PNUMA, USAID, etc) Conanp, CONABIO, Pdia, Foam, fondos mixtos o concurrentes Conacyt
Gestión y operativas	• La implementación y actualización de programas de manejo de ANP • Existencia de infraestructura estatal para impulsar la integración de un organismo estatal encargado para la CUSB	• Articular su restructuración con otras acciones como Pago por servicios ambientales, UMA´s, Corredores biológicos	IEE, Conanp, Conafor, CONABIO, Semarnat, Conafor
Tecnológicas	• Diálogo entre instituciones encargadas de dirigir la generación de ciencia y tecnología en el estado • Importante desarrollo tecnológico para el desarrollo de conocimiento a nivel genético	• Sumar esfuerzos y promover asociaciones con sector privado • Impulsar la generación de conocimiento sobre las especies nativas además de aquellas con valor económico	IEE, SE, sector privado, instituciones de investigación
Económicas	• Concurrencia de recursos federales y estatales para el tema	• Establecer esquemas de capacitación y educación para generar cambios de paradigmas sobre el crecimiento económico estatal	IEE, SDES
Organizacionales	• Las pocas organizaciones que existen pueden detonar procesos • Presencia de Institutos, Universidades y Centros de Investigación interesados en trabajar en el tema en el Estado	• Fortalecer con fondos de otras organizaciones como WWF, CI, TNC • Instruir al sector agrario	IEE ONG procuraduría agraria

Cuadro 1. Continuación.

	Descripción	Acciones	Responsable
Conducción/ liderazgo	• Interés del Gobierno del estado y el liderazgo del IEE para conducir esta agenda • Convenio interinstitucional firmado por representantes del gobierno estatal, nacional, instituciones de educación superior y centros de investigación estatal	• Inclusión de los temas de la agenda de la biodiversidad estatal en los planes de gobierno	Gobernador, legisladores, IEE, CONABIO, instituciones de educación superior y centros de investigación estatal
Mandato/política	• Formulación de la ECUSBEG consensuada y apoyada por todos los sectores		
Otras	• La estrategia de cambio climático ligada a la diversidad biológica como medida de adaptación es una oportunidad	• Coordinación entre los actores implícitos.	IEE (coordinar sus áreas internas), INE, Semarnat, Universidad de Guanajuato protección civil

noreste del estado (Xichú, Victoria, Atarjea), donde se han descrito varias especies de flora y se ha registrado recientemente la presencia de mamíferos medianos y grandes, o la caracterización de diatomeas en humedales en San Miguel de Allende; también se pueden mencionar las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA): laguna de Yuriria y Sierra de Santa Rosa, además de las que se encuentran en los estados colindantes con Guanajuato. Afortunadamente la entidad cuenta ya con un sistema de áreas naturales protegidas que tiene como objetivo el cuidado y protección de la biodiversidad guanajuatense, donde la superficie protegida mediante algún instrumento estatal o federal corresponde a 19.06% del territorio.

La compilación del conocimiento de la biodiversidad y aspectos relacionados ha enfrentado varias limitantes, entre las que destacan: la ausencia de información, derivada en parte de la escasez de cuerpos académicos locales avocados a generar conocimiento en torno al capital natural del estado y, por otro lado, por la ausencia de grupos de investigación de otras entidades del país interesados en el estudio de los recursos naturales de Guanajuato. Lo anterior se ve reflejado en los escasos datos derivados de trabajos para grupos específicos como los invertebrados (arañas, escarabajos, chapulines y mariposas), y que los pocos existentes se encuentran vinculados en su mayoría con la importancia económica de estos organismos en los sistemas agrícolas.

En el caso de los vertebrados, la generación de conocimiento para este grupo tuvo un gran auge gracias a las actividades del naturalista Alfredo Dugès durante el siglo XIX; después, los estudios cesaron durante más de un siglo debido a la falta de investigadores que continuaran la labor que Dugès impulsó.

En el ámbito nacional pocos investigadores de la biodiversidad han enfocado sus esfuerzos de investigación en el estado de Guanajuato, debido quizá a que no resultaba atractivo por el alto grado de alteración de sus ecosistemas; sin embargo, hoy en día llama la atención que varios de los grupos de investigadores que lo estudian provienen de otras entidades (Distrito Federal, Querétaro, Michoacán, Aguascalientes, Jalisco, Veracruz o Morelos), principalmente de centros de investigación de instituciones de educación superior. Esta situación repercute en el encarecimiento de los costos en la investigación, así como en la inexistencia de proyectos de generación de conocimientos continuos y de largo plazo, motivo por el cual resulta fundamental generar proyectos a largo plazo en colaboración con las instituciones locales.

Resalta también la necesidad de impulsar el establecimiento de colecciones científicas locales, que permitan la adecuada sistematización de la información sobre la diversidad, principal-

mente en aquellos grupos biológicos en los que no existe información en otras colecciones científicas y que garanticen la conservación y mantenimiento de los especímenes.

2. Usos

En este rubro, se documentan algunas experiencias de uso, particularmente sobre especies de árboles y arbustos con usos múltiples (utilizadas en sistemas agrosilvopastoriles) que rescatan las tradiciones comunitarias y pueden ser utilizadas como combustible, forraje, medicina, para la construcción, producción artesanal, religioso o cultural además de que proporcionan otros servicios ambientales (Terrones *et al*., 2012). Se presentan trabajos enfocados en identificar los usos de plantas en áreas naturales protegidas, pero también aquellos relacionados con mejoras en los sistemas de producción agropecuaria (Magaña *et al*., Luna *et al*. y Aguilar, 2012). También se presentan algunos ejemplos de especies de plantas nativas ("huizache" *Acacia farnesiana*, "paixtle" *Tillandsia recurvata*, "Chilcuague" *Heliopsis longipes*, *Agave* spp.) que resaltan por su uso como forrajes, medicinal o para el desarrollo de productos biotecnológicos. La información recabada refleja un conocimiento limitado, cuya documentación es aún incipiente, con grupos reducidos de organizaciones o instituciones avocadas a documentar los usos de la biodiversidad del estado. De la misma forma es necesario realizar estudios para identificar los servicios que proporcionan los distintos ecosistemas, así como ejercicios de valoración económica de los mismos.

3. Amenazas

Los colaboradores de esta obra identificaron como las principales amenazas los siguientes elementos y aspectos:

1. El cambio de uso de suelo, la degradación y fragmentación de los ecosistemas *a*) Incendios. *b*) El crecimiento y desarrollo urbano desordenado sin consideraciones de conservación de la biodiversidad como lo indican los ordenamientos ecológicos territoriales. *c*) La minería, tanto metálica, como de bancos de material. *d*) Desarrollo de infraestructura. *e*) La expansión de la frontera agrícola y pecuaria. *f*) Los avanzados procesos de erosión de los suelos en varias regiones del estado. 2. La contaminación de suelos y agua. *a*) El uso excesivo de agroquímicos en zonas agrícolas, ganaderas y acuícolas. *b*) Contaminación por actividades industriales como la minería y particularmente los pasivos ambientales que se pueden generar por la inadecuada disposición de sus residuos, producto del proceso o excavación. 3. La cacería, captura ilegal o sobreexplotación de poblaciones silvestres. 4. Introducción de especies exóticas invasoras. 5. La falta de sensibilización y participación de la sociedad civil, en general sobre la importancia de la diversidad biológica (esta ausencia se percibe en la falta de organizaciones y proyectos de la sociedad civil).

Estas actividades o amenazas actúan como causantes directos de la degradación o pérdida de los ecosistemas, sus especies, sus genes y los servicios ecosistémicos que proporcionan. Pueden estar vinculadas con factores indirectos (mencionados por los autores de este capítulo), que se presentan en el cuadro 2.

A pesar de que los ambientes terrestres y acuáticos del estado han sido modificados e influidos históricamente, en el último siglo los procesos de deterioro y modificación se han acelerado. El hecho de dar prioridad a las actividades productivas, sin asegurar la inclusión de acciones para mitigar de manera efectiva los daños negativos a la biodiversidad, supone un reto muy grande para la sustentabilidad del uso y conservación de la diversidad biológica en la entidad.

En este sentido, el gran reto es detener y de ser posible revertir los procesos históricos de deterioro, y éste se convierte en el principio para poder actuar por la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad.

4. Conservación

Una de las fortalezas con las que cuenta la entidad para establecer instrumentos efectivos de conservación estatal es el contar con una normatividad que ha derivado en el establecimiento de un Sistema de Áreas Naturales Protegidas para el Estado de Guanajuato (Sanpeg). Este sistema

Cuadro 2. Factores indirectos vinculados con la degradación o pérdida de los ecosistemas en el estado de Guanajuato.

Factores Indirectos	
1.	Falta de vigilancia y aplicación de la ley
2.	Impunidad en la aplicación de sanciones derivadas de la generación de daños al medio ambiente; por ejemplo en industrias de la minería, curtidoras o derivadas de la falta de regulación en la aplicación de agroquímicos
3.	Intereses económicos de los desarrolladores urbanos
4.	La visión de producción ha incentivado el crecimiento industrial y agropecuario, siendo esto a costa de sus recursos y con beneficios focalizados a ciertos grupos
5.	Falta de conocimiento de la riqueza biológica y los servicios ecosistémicos que provee
6.	La pobreza patrimonial, vinculada a los sitios de mayor riqueza biológica
7.	Carencia de instrumentos de planeación del territorio vigentes/actualizados y adecuados
8.	Carencia o escasa capacitación de funcionarios municipales en materia de recursos biológicos
9.	Recursos económicos limitados en los municipios
10.	Desarrollo de nueva infraestructura que no considera criterios de conservación
11.	Recursos económicos limitados por parte del Estado y la Federación
12.	Falta de educación de la población en general y en particular con lo relacionado al cuidado y conservación del medio ambiente

cuenta con 22 áreas naturales protegidas de carácter estatal en sus diferentes categorías y tiene como objetivos la protección, el uso sustentable, la restauración, la recreación, el esparcimiento y la formación de una cultura que valore el capital natural con el que cuenta el estado. Estas áreas protegen 11.3% de la superficie estatal e incluyen recursos genéticos y ecosistemas valiosos, así como valores culturales que forman parte del patrimonio estatal.

Destaca la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato como un área natural protegida federal que incluye 7.7% adicional del territorio estatal, que comprende ecosistemas con mayor integridad, riqueza de especies y endemismos. Esta Reserva abarca casi la misma superficie que las áreas naturales protegidas del Sanpeg en su conjunto y representa adecuadamente una parte de la biodiversidad del estado, sin embargo es fundamental la implementación de un plan que permita el adecuado manejo de esta reserva en su etapa más temprana.

Un punto esencial del Sanpeg es identificar qué tan adecuadamente está representada la diversidad biológica en las ANP estatales y municipales, definir cuáles son aquellas que por sus características puedan ser administradas por los municipios (como en el caso de los parques ecológicos), así como incluir dentro de las figuras de protección las que aseguren el flujo de especies y garanticen el intercambio genético. Se considera pertinente también la incorporación a la legislación estatal el concepto de corredores biológicos para su adecuada implementación.

En este contexto el grupo de expertos mencionó como prioridades de conservación los siguientes ecosistemas y tipos de vegetación:

1. El Bosque tropical caducifolio, ya que ha disminuido cerca de 80% de su distribución original, además es un tipo de vegetación poco valorado 2. Los humedales, que son la base de las actividades agropecuarias e industriales del estado, con gran importancia de especies con-

sideradas en peligro de extinción (tanto de flora, como de fauna), además de los servicios de regulación. 3. Los elementos de bosque mesófilo de montaña, debido a su rareza y escasa distribución en el estado. 4. El escaso bosque de *Abies*, en la cima del cerro Zamorano, que resulta un lugar con presencia alta de endemismos para el estado. 5. El bosque de *Pinus*, 6. Los bosques de *Quercus*. 7. Los matorrales.

Es necesaria la protección de la zona sur, que entre otras cosas conserva parte importante del remanente del bosque tropical caducifolio (Sierra de Pénjamo) pero también se necesitan acciones muy específicas para proteger la vegetación riparia y numerosas cañadas en todo el estado. Además, se considera fundamental estudiar y monitorear las poblaciones de especies endémicas que se encuentren en alguna categoría de protección de la Norma Oficial Mexicana, en particular las que se encuentran en peligro de extinción.

Finalmente, la implementación de esquemas similares a las estructuras operativas federales podría agilizar y mantener una atención más constante a las áreas naturales protegidas estatales mediante Direcciones Regionales, que tengan a su cargo varias ANP, con infraestructura, personal independiente y que puedan gestionar más recursos de manera continua y permanente en los sitios, asegurando un trabajo sostenido con las comunidades y que busquen mecanismos para incorporarlas al cuidado y administración de las áreas naturales protegidas.

5. Educación Ambiental y participación ciudadana

Se considera que es urgente elaborar e implementar programas permanentes de educación (formal y no formal) y difusión (en diversos medios) entre la población del estado que resalten la importancia de mantener los ecosistemas para garantizar una mejor calidad de vida; que contemple entre otros temas la necesidad de cuidar los cuerpos de agua, el suelo, la flora y la fauna para conservar el patrimonio natural del estado y promover los programas de conservación estatales, tendientes a concientizar y crear condiciones para que se acepte la corresponsabilidad de todos los sectores en estas tareas.

En esta obra se encontró también que existen oportunidades de ampliar el conocimiento de la riqueza biológica del estado, con el establecimiento de carreras en materia ambiental, en la educación media y superior que puedan generar profesionales capaces de liderar la investigación y monitoreo de largo plazo.

Destacan algunas experiencias importantes para desarrollar y fortalecer las capacidades de la población para el cuidado y conocimiento de su medio natural. Desde la acción institucional están los 11 Centros Regionales de Competitividad Ambiental (Cercas) con los que cuenta el estado y que entre sus objetivos está el brindar servicios de capacitación, educación ambiental y acceso a la información para los diferentes sectores de la sociedad. Asimismo, en el estado, resulta un esfuerzo necesario que todos los municipios cuenten con planes de educación ambiental aprobados por los ayuntamientos. Por otra parte, están los esfuerzos que realizan centros de educación, como la Universidad de Guanajuato, así como organizaciones de la sociedad civil, cuyas experiencias se documentan en este estudio.

Dos conclusiones importantes se extraen del capítulo con respecto a la educación ambiental: *a*) La necesidad de un estudio específico que sistematice las experiencias que se están dando desde diversos sectores y a su vez identifique vacíos tanto temáticos como territoriales. *b*) La necesidad de una mayor y mejor comunicación sobre las herramientas de educación ambiental que se han desarrollado tanto en el estado como fuera de él y su replicabilidad.

6. Instituciones

Uno de los principales retos de la estrategia será la coordinación entre los diferentes sectores que impactan el territorio estatal. En el capítulo 9 de este estudio se realizó un diagnóstico tanto del marco legal como institucional en el estado, que contempla la importancia de fortalecer a las instituciones ya existentes en materia ambiental, principalmente el Instituto de Ecología del Estado, la Procuraduría para la Protección del Ambiente, el sector forestal en la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato. A su vez, se señaló la importancia de

fortalecer el marco jurídico con una visión integral de la biodiversidad, para incorporar también los territorios que no cuentan con ningún régimen de protección, como los corredores biológicos y las corrientes y cuerpos de agua. Por otra parte, el marco jurídico e institucional también debe contemplar sanciones a quien incumpla las normas, así como medidas de fomento a la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad.

El tema de la participación de los municipios en estas tareas es de especial interés, siendo evidente la necesidad de fortalecer las capacidades de gestión de las autoridades municipales en estos temas y asegurar la continuidad de las políticas públicas a partir de aspectos básicos como es el conocimiento y la importancia de la biodiversidad local, pero también el reconocimiento de lo que existe en cada municipio y los servicios ambientales que provee a sus habitantes.

El siguiente reto es lograr la coordinación entre los sectores agrícola, pecuario y productivo, pero también con los sectores extractivos, industriales y desarrolladores urbanos, quienes deben sumarse a salvaguardar la riqueza biológica del estado con políticas y lineamientos adecuados. Por su parte, el turismo puede encontrar una veta complementaria a las ya exploradas.

7. Consideraciones finales

Derivado de lo anterior se considera que la estrategia debe contar con líneas estratégicas que permitan:

1. Sistematizar la información que se tiene para poder comunicarla, no sólo con la realización de estudios como esté, sino que también se deben comunicar los resultados a la población, en particular a los sectores cuyas decisiones impactan de manera directa sobre los recursos naturales. 2. Coordinar acciones entre distintos sectores tanto de la administración pública federal como de la administración pública estatal y municipal. El primer paso para esto es encontrar las sinergias y los conflictos que puede haber con otros programas y estrategias. 3. Colocar el tema de la biodiversidad como la base y prioridad del desarrollo regional en el estado. Si bien, hay algunas regiones con mayor grado de conservación que otras, lo relevante es que partiendo de las diferentes necesidades, la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad pueda ser percibida y por lo tanto genere acciones que ayuden al desarrollo regional. 4. Fortalecer capacidades en todos los sectores de la sociedad: la estrategia deberá tener un eje que conjunte la comunicación, la educación ambiental y la difusión de medidas y acciones para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, así como de los beneficios que esto genera en el corto, mediano y largo plazo. 5. Consolidar grupos de especialistas en el estado para la generación de información básica en biodiversidad, así como para dar seguimiento a las tendencias de cambio a través del tiempo; ya sea a través de grupos interinstitucionales o de una instancia creada para este fin. 6. Fomentar la participación de la sociedad guanajuatense en las acciones de conservación, procurando que la sociedad reconozca la importancia que la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos representan para el mantenimiento y mejoramiento de la calidad de vida, así como de sus actividades productivas.

Literatura citada

Aguilar García, R. 2011. "Los pastos de temporal: Una opción para el rediseño de los sistemas de producción agropecuaria", en *La Biodiversidad de Guanajuato. Estudio de Estado*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)/ Instituto de Ecología del Estado (iee).

Gómez S., M. 2011. "Vegetación y flora vascular del Zamorano: una aproximación", en *La Biodiversidad de Guanajuato. Estudio de Estado*. México, conabio/iee.

Luna Estrada, A.A., A. González Orozco y M. Ramírez Sánchez. 2012. "Grupos de Ganaderos para la Validación y Transferencia de Tecnología (GGAVATT): una contribución para reducir el deterioro ambiental en Guanajuato", en *La Biodiversidad de Guanajuato. Estudio de Estado*. México, CONABIO/IEE.

Magaña Virgen, M.E., J.J. Macías Cuellar, F.E. Carlos González *et al.* 2012. "Los coeficientes de agostadero y tipos de vegetación nativa del estado en 1979", en *La Biodiversidad de Guanajuato. Estudio de Estado.* México, CONABIO/IEE.

Oliva-Aguilar, V. R. 2012. "Fisiografía y Geología", en *La Biodiversidad de Guanajuato. Estudio de Estado.* México, CONABIO/IEE.

Quijano-Carranza, J.A. y R. Rocha-Rodríguez. 2012. "Los suelos de Guanajuato", en *La Biodiversidad de Guanajuato. Estudio de Estado.* México, CONABIO/IEE.

Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2012. "Lista Preliminar de Árboles Silvestres del Estado de Guanajuato", en *La Biodiversidad de Guanajuato. Estudio de Estado.* México, CONABIO/IEE.

Terrones R., T. del R., M.A. Hernández M., C. Martínez A., *et al.* 2012. "Agroforestería con árboles y arbustos nativos: una opción de uso del suelo en Guanajuato", en *La Biodiversidad de Guanajuato. Estudio de Estado. México*, CONABIO/IEE.

Zamudio R., S. 2012. "Diversidad de Ecosistemas del Estado de Guanajuato", en *La Biodiversidad de Guanajuato. Estudio de Estado.* México, CONABIO/IEE.

NUESTROS AUTORES

Acevedo Torres, Juana Beatriz

Institución: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG)
Correo electrónico: bacevedo@guanajuato.gob.mx
Áreas de Interés: Agua subterránea
Trayectoria profesional: Egresada de la Facultad de Minas Metalurgia y Geología de la Universidad de Guanjuato, con el grado de Ingeniera Geologa Minera. Maestría en la Universidad Iberoamericana, Campus León, en Conservación y Protección Ambiental. Actualmente es Jefe del Departamento de Agua Subterránea en la Comisión Estatal de Agua de Guanajuato y Profesora de tiempo parcial en la Universidad de Guanajuato, en la Unidad de División de Ingenierías. Ha presentado ponencias en Congresos Nacionales e Internacionales y ha publicado artículos acerca del monitoreo y evolución del agua subterránea en el estado, en la revista de Acuaforum.

Acosta Gallegos, Jorge Alberto

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Bajío
Correo electrónico: jamk@prodigy.net.mx
Áreas de Interés: Mejoramiento y recursos genéticos de frijol, manejo agronómico y fisiología del cultivo y transferencia de tecnología.
Trayectoria profesional: Ingeniero Agrónomo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; a partir de 1974 se incorporó al Programa de Frijol. De 1988 al 2007 fungió como Coordinador Nacional del programa de Frijol del INIFAP. Tiene doctorado de la Universidad Estatal de Michigan, EUA (1988) y desde 1989 pertenece al SNI. Es editor en jefe de la revista: Agricultura Técnica en México. Ha preparado y dirigido proyectos de corte estatal, regional y nacional. Tiene interacción con investigadores y productores de frijol de diversos estados de México y del extranjero. Ha dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado y publicado en revistas nacionales y extranjeras.

Aguilar, Felisa J.

Institución: Centro INAH Coahuila
Correo electrónico: felisaaguilar@yahoo.com.mx
Áreas de Interés:Paleontología de vertebrados y arquezoologia.
Trayectoria profesional:Egresada de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. Realizó la Maestría en Ciencias Biológicas (Sistemática) en el Instituto de Geología, UNAM. Actualmente es Profesora-investigadora del Instituto Nacional de Antropología e Historia, y coordinadora de la Sección de Paleontología del Centro INAH Coahuila, donde realiza actividades de protección y conservación del patrimonio paleontológico, así como el estudio de la fauna del Pleistoceno de la región norte de México. En su producción académica cuenta con 30 publicaciones y ha presentado 17 ponencias en congresos nacionales y 7 en internacionales. Es responsable del proyecto “Protección Técnica y Legal del Patrimonio Paleontológico en el estado de Coahuila”.

Aguilar García, Ramón

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campus Guanajuato
Correo electrónico: aguilar.ramon@inifap.gob.mx
Áreas de Interés: Agronomía, producción agropecuaria.
Trayectoria profesional: Ingeniero Agrónomo egresado de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, con especialidad en suelos en el Colegio de Postgraduados. Ha trabajado en la zona norte de Guanajuato en los últimos 20 años. Sus líneas de investigación han sido en relación con la utilización óptima de recursos energía, agua, suelo e insumos en sistemas de producción agropecuaria de regiones semiáridas, con énfasis en labranza de conservación, policultivos (maíz, frijol, avena, haba), maquinaria agrícola, pastos de temporal. Además, en los últimos años se ha dedicado a dar capacitación a técnicos y productores para el manejo de los sistemas de producción agropecuarios en el estado de Guanajuato.

Aguilar Oliva, Victor Ramón

Institución: Instituto Politécnico Nacional (IPN)
ESIA-Ciencias de la Tierra Unidad Ticomán
Correo electrónico: voliva@ipn.mx
Áreas de Interés: Contaminación de suelos y análisis de riesgo
Trayectoria profesional: Ingeniero Geólogo, con maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, ha trabajado en estudios como contaminación de suelos, manifestación de impacto ambiental, análisis de riesgo y vulnerabilidad y estudios geológicos. Actualmente es catedrático en el Instituto Po-

litécnico Nacional en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Ciencias de la Tierra Unidad Ticomán.

Aguirre Gómez, José Alfonso

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato
Correo electrónico: inifapaguirre@prodigy.net.mx
Áreas de Interés: Conservación de recursos naturales, Conservación in situ del maíz y agricultura de temporal
Trayectoria profesional: Doctorado en Biología, especialidad en Conservación de Recursos Naturales, UNAM. Maestría en Ciencias Agrícolas e Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Se desempeña como investigador del INIFAP, en donde coordina proyectos relacionados con la conservación de los recursos Fitogenéticos de México. Colabora en proyectos de investigación participativa relacionados con agricultura de temporal y recursos genéticos locales y en diplomados sobre sistemas dinámicos, liderazgo y desarrollo de empresas, desarrollo rural, métodos de innovación y desarrollo de redes sociales. Ha participado en simposios y congresos y es autor de diversas publicaciones. Actualmente apoya acciones de conservación in situ en Áreas Naturales Protegidas del estado de Guanajuato y San Luis Potosí.

Aguirre Mancilla, César Leobardo

Institución: Instituto Tecnológico de Roque (ITR)
División de Estudios de Posgrado e Investigación-ITR
Áreas de Interés: Bioquímica
Trayectoria profesional: Ingeniero Bioquímico, egresado del Instituto Tecnológico de Colima, realizó estudios de maestría y doctorado en el Cinvestav-Unidad Irapuato. Actualmente es Profesor Investigador en el ITR y Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación, donde estudia aspectos relacionados con proteínas de almacenamiento en granos y semillas, proteínas relacionadas con los mecanismos de defensa en plantas y es responsable de dos proyectos de investigación apoyados por Concyteg y dos proyectos de investigación apoyados por DGEST.

Alamilla Gómez, María del Pilar

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Bajío
Correo electrónico:pilar.alamilla.gomez@gmail.com
Áreas de Interés: Programación de sistemas enfocados al sector agrícola
Trayectoria profesional: Licenciada en informática, egresada del Instituto Tecnológico de Roque. Diseñó el Sistema de Diagnóstico Técnico para el Mejoramiento Continuo Agrícola, así como aplicaciones de consulta de la información registrada por las estaciones climáticas de Fundación Guanajuato. Actualmente colabora en actividades de proyectos sobre el uso sustentable de los recursos en las unidades de producción agropecuaria.

Alatorre García, Patricia

Institución:Consultor independiente
Correo electrónico: algar_paty@hotmail.com
Áreas de Interés: Taxonomía de Acridoideos
Trayectoria profesional: Bióloga por la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Ha publicado dos artículos en revistas indexadas y tres en Memorias en Extenso.

Alcaraz Contreras, Yolanda

Institución: Universidad de Guanajuato (UGTO) Campus Guanajuato
Áreas de Interés: Contaminación ambiental y salud, Evaluación de actividad biológica de compuestos químicos.
Trayectoria profesional: Estudió el doctorado de Farmacología en la Universidad Autónoma de Nuevo León. Estudia el estrés oxidativo originado por la presencia de metales. Es profesor de tiempo completo y profesor con perfil Promep en el Departamento de Farmacia de la Universidad de Guanajuato. Se encuentra adscrita al Cuerpo Académico de Farmacia.

Alcocer Durand, Javier

Institución:Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
Facultad de Estudios Superiores Iztacala, FES-Iztacala-UNAM
Correo electrónico: jalcocer@servidor.unam.mx
Áreas de Interés: Limnología
Trayectoria profesional: Egresado de la UAM Iztapalapa. Realizó la Maestría en Ciencias del Mar y el Doctorado en Ciencias de la UNAM. Es Profesor Titular de la FES-Iztacala e imparte cursos de posgrado en Limnología, Métodos de Investigación Limnológica y Ecología Acuática. Es Jefe del Proyecto de investigación en Limnología Tropical. Es autor de más de 90 artículos de investigación y 35 capítulos de libros especializados. Ha dirigido 25 tesis de licenciatura, 19 de maestría y seis de doctorado. Ha sido responsable de 18 proyectos de investigación financiados. Es Investigador Nacional nivel 2 y miembro de la Academia Mexicana de Ciencias.

Almanza Carrillo, Ricardo

Institución: Universidad de Guanajuato (UGTO)
División de Ciencias Sociales y Humanidades campus León
Correo electrónico: almanzar@quijote.ugto.mx, almanzar2008@gmail.com
Áreas de Interés: Historia urbana
Trayectoria profesional: Egresado de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Guanajuato. Realizó una Maestría en Desarrollo Docente. Actualmente es Profesor-investigador de la División de Ciencias Sociales y Humanidades en el Departamento de Estudios de Cultura y Sociedad (Decus). Imparte cátedras de Cartografía, Políticas de Regionalización, Geografía de México. Es coordinador del laboratorio de cartografía el Decus. Ha presentado tres ponencias en congresos internacionales, es responsable de un proyecto de investigación sobre el desarrollo de la ciudad de Guanajuato del siglo XVI al XX. Es autor de dos libros y coautor en 18 libros.

Álvarez Sandoval, Brenda Arizai

Institución: Consultor independiente
Correo electrónico: arizai_alvarez@yahoo.com.mx
Trayectoria profesional: Egresada de la licenciatura en Biología en la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Maestría en Ciencias (Biología) con la tesis titulada: "Análisis de adhesinas y cisteín proteasas en aislados frescos y establecidos de *Trichomonas vaginalis* y su relación con la virulencia". Actualmente voluntaria en el Museo de Historia Natural Alfredo Dugès de la Universidad de Guanajuato.

Álvarez Venegas, Raúl

Institución: Instituto Politécnico Nacional (IPN)
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Cinvestav-IPN Unidad Irapuato
Correo electrónico: ralvarez@ira.cinvestav.mx
Áreas de Interés: Filogenética, Biología Molecular de Plantas, Epigenética.
Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana. Realizó su maestría en Biotecnología en el Cinvestav-Zacatenco y un doctorado en Ciencias en Bioquímica y Biología Molecular en la Universidad de Purdue, Estados Unidos. Actualmente es Profesor Investigador en el Cinvestav-Irapuato en donde dirige el Laboratorio de Cromatina y Epigenética, coordina el Taller de Diseño y Evaluación de Proyectos, e imparte cátedra en Genética y Biología Molecular. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, cuenta con 14 publicaciones en revistas de prestigio internacional, ha participado en más de 13 congresos nacionales e internacionales y es responsable de un proyecto de investigación financiado por Conacyt.

Anaya Velázquez, Fernando

Institución:Universidad de Guanajuato (UGTO)
Campus Guanajuato
Correo electrónico: anayafe@quijote.ugto.mx
Áreas de Interés: Parasitología médica, biología celular y bioética.
Trayectoria profesional: Profesor Titular del Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato. Miembro de Bioética de la misma institución. QFB, Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias en Biología celular. Pasante de la Maestría en Bioética, Universidad Nacional de Cuyo/OPS-OMS. Miembro fundador en 1993 del Centro de Investigaciones en Bioética, actualmente en reorganización. Ha publicado varios artículos y capítulos de libro sobre temas de bioética. Ha impartido cátedra de bioética en la Universidad de Guanajuato y otras instituciones. Miembro de la Academia Nacional Mexicana de Bioética y de la Comisión Estatal de Bioética del Estado de Guanajuato.

Andrio Enríquez, Enrique

Institución:Instituto Tecnológico de Roque (ITR)
Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST)
Correo electrónico:subtec33@yahoo.com.mx
Áreas de Interés: Agricultura sustentable y tecnología de semillas
Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro como candidato a Doctor en Ciencias en Sistemas de Producción Agrícola. Profesor investigador de licenciatura y posgrado, nombramiento de profesor de tiempo con perfil deseable Promep (Programa de Mejoramiento del Profesorado). Línea de investigación agricultura sustentable y tecnología de semillas. Integrante de la red de monitoreo de organismos genéticamente modificados. Ha dirigido 12 proyectos de investigación, asesorado mas 20 tesis recursos humanos a nivel de licenciatura, maestría y doctorado, publicado siete artículos, y presentado más de 90 trabajos en congresos.

Ángeles Gómez, J. Cruz

Institución:Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG)
Dirección General de Planeación
Correo electrónico: jangelesg@guanajuato.gob.mx

Áreas de Interés: Hidrología superficial.
Trayectoria profesional: Es Ingeniero en hidrología, egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana, división CBI, unidad Iztapalapa y cuenta con estudios de maestría en Ciencias del Agua por parte de la Universidad de Guanajuato. Se ha desempeñado en el sector público desde 1995 en la Conagua, dentro de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos, como especialista en hidráulica en la Subgerencia de Bancos de Información. Desde el año 2000 a la fecha labora como jefe del Departamento de Agua Superficial en la Dirección General de Planeación, dentro de la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato. Ha impartido clases como profesor de tiempo parcial de la materia de meteorología y Temas Especiales de la Hidráulica en la Facultad de Geomática e Hidráulica, de la Universidad de Guanajuato.

Arce Pérez, Roberto

Institución:Instituto de Ecología A.C. (Inecol) Red de Biodiversidad y Sistemática.
Correo electrónico: roberto.arce@inecol.edu.mx.
Áreas de Interés: Sistemática y biogeografía de coleópteros acuáticos de México y coleópteros del género Macrodactylus
Trayectoria profesional: Técnico Académico titular “C” del Instituto de Ecología, A.C. Xalapa. Biólogo, con Maestría en Ciencias egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México, Doctor en Recursos Bióticos por la Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Línea de investigación: sistemática y biogeografía de coleópteros acuáticos de México y coleópteros del género *Macrodactylus* Dejean (Coleoptera: Melolonthidae). Estancias de investigación en la Colección Nacional de Insectos y Museo de la Naturaleza de Canadá. Autor o coautor de 35 publicaciones científicas y capítulos de libro.

Arenas Monroy, José Carlos

Institución:Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) Centro de Ciencias Básicas.
Correo electrónico: jca_exe@yahoo.com.mx.
Áreas de Interés: Herpetología, Biodiversidad.
Trayectoria profesional:Como estudiante activo de la carrera de Biología en la UAA ha participado en diferentes proyectos concernientes a la biología y ecología reproductiva de la Rana de Madriguera (*Pternohyla dentata*) y ha sido miembro destacado de las sociedades de alumnos de la carrera, lo que ha complementado con la asistencia a diversos congresos. Pertenece a la Asociación para la Conservación de la Biodiversidad del Centro de México, A.C. Este es su primer trabajo publicado.

Arias de la Canal, César José Antonio

Institución: El Charco del Ingenio, A.C.
Correo electrónico: charcodelingenio@gmail.com
Cactáceas y suculentas, ecología y medio ambiente, organismos de la sociedad civil, participación ciudadana y desarrollos sustentable.
Trayectoria profesional: Egresado de la Escuela Libre de Derecho, Ciudad de México. Docencia en la División de Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM Xochimilco). Titular del Taller de Redacción e Investigación Documental. Coordinador de actividades de defensa de los derechos humanos para la Sección Mexicana de Amnistía Internacional. Creador de Cante, A.C., organización promotora de proyectos culturales y de conservación ambiental. Creador del Jardín Botánico “El Charco del Ingenio”. Creador del Centro Cultural Comunitario “El Sindicato”.

Ávila Plascencia, Carlos Aarón

Institución:Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE). Dirección de Gestión de la Calidad del Aire.
Correo electrónico: cavilap@guanajuato.gob.mx, caap_avplasc@hotmail.com.
Áreas de Interés: Inventarios de emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero.
Trayectoria profesional: Ingeniero Químico por la Universidad de Guanajuato. Se desempeña como Analista de Proyectos, en la Dirección de Gestión de Calidad del Aire del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. Ha sido responsable del desarrollo de los Inventarios de Emisiones de Contaminantes Criterio y Gases de Efecto Invernadero, es responsable de la regulación industrial en materia de contaminación atmosférica. Coordinación de los trabajos de instrumentación del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. Actualmente es Presidente del Comité de Certificación y Normalización de Medio Ambiente.

Báez Montes, Oscar

Institución: IEE. Dirección de Recursos Naturales.
Correo electrónico: biologo.oscar.baez@gmail.com
Áreas de Interés: Áreas Naturales Protegidas, Ornitología, Mastozoología, Ecología de comunidades, Restauración Ecológica.
Trayectoria profesional: Biólogo egresado de la Universidad de Guadalajara. Ha participado en proyectos de monitoreo de comunidades en Áreas Naturales Protegidas en México y Costa Rica; restauración y conservación de humedales en Jalisco; monitoreo de aves acuáticas en humedales de Ja-

lisco. Actualmente es supervisor de proyectos relacionados con la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en Áreas Naturales Protegidas en el Estado de Guanajuato.

Bárcenas, Rolando T.

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Facultad de Ciencias Naturales.
Correo electrónico: rtenoch@uaq.mx.
Áreas de Interés: Filogenética, conservación biológica y biogeografía de las zonas áridas de México.
Trayectoria profesional: Trayectoria profesional: Licenciado en Biología por la Facultad de Ciencias de la UNAM y doctor por la Universidad de Reading, Inglaterra. Actualmente es profesor-investigador en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro en donde desarrolla proyectos de sistemática filogenética, conservación biológica y biogeografía de las zonas áridas de México. Ha impartido las clases de Sistemática, Botánica de Plantas Vasculares, Bioinformática, Cactología Contemporánea y Escritura de Tesis, tanto a nivel licenciatura como posgrado. Ha publicado diferentes artículos internacionales relacionados con la conservación, la diversidad biológica, la nomenclatura y la sistemática de cactáceas mexicanas. Ha desarrollado proyectos nacionales e internacionales para la generación de los códigos de barra genéticos de las cactáceas mexicanas para su identificación y conservación. Es Candidato al Sistema Nacional de Investigadores (2009-2012) y Perfil PROMEP.

Bárcenas Blancarte, Claudia

Institución: Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. Dirección de Gestión de la Calidad del Aire.
Correo electrónico: cbarcenas@guanajuato.gob.mx.
Áreas de Interés: Calidad del aire, gestión ambiental.
Trayectoria profesional: Ingeniero Químico egresada de la Universidad de Guanajuato, Maestra en Administración, actualmente se desempeña como Directora de Gestión de la Calidad del Aire en el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. Ha participado en el diseño e implementación de los Programas para Mejorar la Calidad del Aire de Salamanca y León, reducción de emisiones en sector industrial, ladrilleras y fuentes móviles. Cuenta con amplia capacitación en Gestión Ambiental en Japón y Estados Unidos de América. Participa regularmente en foros Nacionales e Internacionales sobre calidad del aire, como ponente ha participado en el desarrollo de una estrategia estatal de cambio climático.

Becerril Patlán, Rodolfo

Institución:Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. Dirección de Recursos Naturales.
Correo electrónico: rbecerrilp@guanajuato.gob.mx.
Áreas de Interés: Ordenamiento ecológico, áreas naturales protegidas, ecología, uso y conservación de vida silvestre
Trayectoria profesional: Biólogo egresado de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, de la UNAM, con estudios de Maestría en Ingeniería Ambiental de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del IPN. Ha desempeñado cargos públicos en gobierno federal como Sepesca e Inegi; estatal (Sedagro del Estado de México y el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato); y municipal, como Dirección de Medio Ambiente y Ecología y en el Instituto Municipal de Planeación de León, Gto; actualmente funge como Director de Recursos Naturales en el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato; también se ha desempeñado como consultor ambiental atendiendo diferentes proyectos de impacto y riesgo ambiental, ordenamiento ecológico, planeación ambiental, estudios previos justificativos para decreto de áreas naturales protegidas de carácter estatal y federal.

Becerril Piña, Rocío

Institución: Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMEX). Centro Interamericano de Recursos del Agua, Facultad de Ingeniería.
Correo electrónico: rocio111mx@yahoo.com.mx.
Áreas de Interés: Efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos.
Trayectoria profesional: Bióloga egresada de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México. Realizó una maestría en Gestión Integral de Cuencas en la Universidad Autónoma de Querétaro. Actualmente es estudiante de Doctorado en el Centro Interamericano de Recursos del Agua en la Universidad Autónoma del Estado de México. Ha trabajado en temas sobre: Índice de integridad biótica basado en macroinvertebrados acuáticos, captura de carbono en zonas del semiárido del centro del país y actualmente trabaja en el efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos en el Estado de México.

Berlín Diosdado, Jorge Adrián

Institución: Conservación de la Biodiversidad del Centro de México, A.C.
Correo electrónico: jadrianberlin@gmail.com
Áreas de Interés: Taxonomía, recursos bióticos
Trayectoria profesional: Biólogo egresado de la Universidad

Autónoma de Aguascalientes, titulándose con la investigación en biogeografía de lepidópteros. Actualmente forma parte de la ONG Conservación de la Biodiversidad del Centro de México, A.C. y labora para la empresa Geovida en el área de taxonomía y recursos bióticos para impacto ambiental. Durante su formación ha realizado otros estudios como el Diagnóstico de la herpetofauna del río Lerma, en Salamanca, avifauna del río Lerma en Salamanca, Guanajuato.

Bolaños Martínez, Ricardo

Institución: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
Correo electrónico: riboma@hotmail.com.
Áreas de Interés: Monitoreo de mamíferos.
Trayectoria profesional: Pasante de Biólogo, de la Facultad de Ciencias UNAM, estudiante del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica donde realiza tesis de licenciatura titulada "Diversidad de mamíferos grandes y medianos en Sierra Monteflor, Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca". Asistente de campo en proyectos de fauna silvestre en Oaxaca, Sonora, Isla Isabel, Guerrero y Guanajuato; técnico en la Colección de Fotocolectas Biológicas del Instituto de Biología UNAM.

Botello, Francisco Javier

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Instituto de Biología.
Correo electrónico: fjbl@ibiologia.unam.mx
Áreas de Interés: Planeación sistemática de la conservación, ecología de mamíferos y experto en monitoreo de vertebrados a través de fototrampas.
Trayectoria profesional: Biólogo egresado de la Facultad de Ciencias de la UNAM, Maestría en Ciencias Biológicas IBUNAM y candidato a doctor por la misma institución. Las principales líneas de investigación son la ecología de mamíferos y la planeación sistemática de la conservación. Fundador y co-responsable de la Colección de Fotocolectas Biológicas del IBUNAM. Corresponsable de dos proyectos en CONABIO. Cuenta con siete publicaciones, tres capítulos en libros. Ha dirigido tres tesis de licenciatura, así como cinco proyectos de LICyT de la Facultad de Estudios Superiores de Iztacala. Miembro del comité académico científico de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán de 2005 a la fecha.

Bustos Contreras, Diana Elisa

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
Correo electrónico: dianae@webtelmex.net.mx
Áreas de Interés: Desarrollo rural sustentable, procesos de transferencia de tecnologías apropiadas, procesos participativos, investigación en la acción.
Trayectoria profesional: Egresada de la licenciatura en Planificación para el Desarrollo Agropecuario con Maestría en ciencias del desarrollo rural por el Colegio de Postgraduados, en dos décadas ha producido 20 publicaciones, dirigido o asesorado 15 tesis de licenciatura y maestría en la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas (Magic), de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) y en el Colegio de Postgraduados, ha dirigido diez proyectos de investigación, actualmente colabora con la Magic en el proyecto para la Creación del Centro Regional de Capacitación en Cuencas.

Burfford Vázquez, Jesús

Institución: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidraúlicos Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (Cotecoca).

Caballero Vázquez, José Adán

Institución: Unidad de Ciencias del Agua CICY-Cancún
Correo electrónico: ada.caballero@cicy.mx, adan07@gmail.com.
Áreas de Interés: Ecología y biogeografía.
Trayectoria profesional: Candidato a doctor en Ciencias Marinas por el Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, unidad Mérida. Profesor-investigador en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI), donde imparte las asignaturas de Climatología y Meteorología, Fundamentos de Investigación, Taller de Investigación, Desarrollo Sustentable, Biogeografía y Ecología. Su investigación se enfoca sobre la ecología y biodiversidad de peces marinos y de aguas interiores, con especialidad en ecosistemas costeras del Caribe mexicano, de donde es autor de cinco publicaciones científicas y cuatro más en proceso. Ha participado en congresos y simposios nacionales e internacionales. Miembro de la Sociedad ictiológica mexicana y de la Gulf and Caribbean Fisheries Institute.

Calderón de Rzedowski, Graciela

Institución: Instituto de Ecología A.C. (Inecol)
Correo electrónico: gonzalo_085@yahoo.com.mx
Áreas de Interés: Sistemática de plantas vasculares
Trayectoria profesional:Egresada de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Ha laborado en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, en la ENCB del IPN y desde 1985 trabaja en

el Instituto de Ecología, A.C., donde su principal actividad consiste en la elaboración, coordinación y edición de la obra Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Hasta 2009 ha publicado 65 fascículos, 48 artículos en revistas, siete libros y seis capítulos de libros.

Camacho Rico, Fernando

Institución: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp)
Correo electrónico: fernandocamachor@gmail.com
Áreas de Interés: Biólogo de la Facultad de Ciencias de la UNAM, estudió una Maestría en Ciencias Ambientales con Orientación a la Restauración Ecológica, en la cual desarrolló un método para localizar espacialmente la erosión como una estrategia para restaurar bosques templados del sur de México. Desde el 2005 se desempeña como profesor de asignatura en la Universidad Nacional Autónoma de México, donde ha impartido más de 12 cursos de licenciatura. Del 2009 al 2011 colaboró en la coordinación de Estrategias de Biodiversidad de la CONABIO y desde 2011 se desempeña como Coordinador de Estrategias de Adaptación al Cambio Climático en la Conanp.

Camarena Hernández, María Guadalupe

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Bajío (INIFAP)

Camarena Pozos, David Alfonso

Institución: Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, A.C.
Correo electrónico: dcamarena@ciatec.mx
Áreas de Interés: Biorremediación.
Trayectoria profesional: Egresado del Instituto Tecnológico de Veracruz de la carrera de Ingeniería Bioquímica. Realizó una Maestría en Biotecnología de Plantas en el Cinvestav-Irapuato en el laboratorio de Microbiología Ambiental. Actualmente es Asesor de Investigación en Ambiental en el Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas en León, Guanajuato en donde estudia aspectos relacionados a la biorremediación de sitios contaminados con metales e hidrocarburos. Ha participado en proyectos relacionados con el estudio y el control de hongos fitopatógenos de la papaya (*Carica papaya*) en la Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos (2005-2006). Ha presentado dos carteles en Congresos Nacionales.

Cantoral Uriza, Enrique Arturo

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Unidad multidisciplinaria de docencia e investigación, Facultad de Ciencias, Campus Juriquilla, Querétaro.
Correo electrónico: cantoral@ciencias.unam.mx.
Áreas de Interés: Algas.
Trayectoria profesional: Obtuvo el Doctorado en Biología por la UNAM y actualmente es profesor titular en Ecología de algas de ríos en la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias campus Juriquilla, donde desarrolla el estudio de ecología de algas e indicadores biológicos. Es también profesor del posgrado en Ciencias Biológicas (UNAM) y de la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Ha publicado diversos artículos de investigación, difusión y capítulos de libros sobre algas continentales. Asimismo ha realizado estudios posdoctorales en ecología de comunidades acuáticas en la Universidad de Murcia, España.

Carlos González, F. Eduardo

Institución: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa).
Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (Cotecoca).

Carmona Torres, Fahd Henrry

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Correo electrónico: cfahd@hotmail.com.
Áreas de Interés: Biodiversidad de vertebrados terrestres en zonas conservadas y perturbadas.
Trayectoria profesional: Biólogo egresado de la Facultad de Ciencias, UNAM, y Candidato a Maestro en Ciencias en el área de Biología Ambiental en el Posgrado de Ciencias Biológicas de la UNAM. Actualmente es coordinador y Profesor de Asignatura "A", de la materia optativa Práctica de Fauna Silvestre, en el Departamento de Etología, Fauna Silvestre y Animales de Laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Ha participado en 34 proyectos de investigación en los que el tema central son los vertebrados terrestres en diversos tipos de vegetación y estados del país. Cuenta con cinco publicaciones en diversas revistas y ha presentado cinco ponencias en congresos nacionales y tres internacionales.

Carranza González, Eleazar

Institución: Instituto de Ecología A.C. (Inecol). Centro Regional del Bajío
Correo electrónico: eleazar.carranza@inecol.edu.mx, eleazarcg_04@yahoo.com.mx.
Áreas de Interés: Florística, taxonomía y fitogeografía.

Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Michoacán. Realizó su Doctorado en Ciencias de recursos bióticos en la Universidad Autónoma de Querétaro. Desde el 1 de enero de 1993 es investigador asociado al Instituto de Ecología, Centro Regional del Bajío en Pátzcuaro, Michoacán. Ha publicado 11 artículos arbitrados, colaboró en el libro La vegetación en el estado de Querétaro; ha participado en 31 capítulos de libros entre los cuales están la Flora del Bajío y de las Regiones Adyacentes, Flora de Guerrero, Flora Fanerogámica del Valle de México, y en un capítulo del libro La biodiversidad de Michoacán. Ha impartido cátedras a nivel de licenciatura y maestría, ha colaborado en un Diplomado Impacto Ambiental y Diplomado Instrumentos de Política ambiental y Recursos Naturales. Ha sido tutor de tesis en licenciatura y dos de maestría.

Casillas Martínez, Angélica

Institución: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG).
Correo electrónico: acasillasm@guanajuato.gob.mx
Áreas de Interés: Estudios Geohidrológicos.
Trayectoria profesional: Ingeniero Geólogo por la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional. Se ha desempeñado como Jefe del departamento de Estudios Geohidrológicos y supervisor General en la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, Directora del organismo público descentralizado Perforaciones de Guanajuato, Jefe de la Unidad de Desarrollo Urbano de la Delegación Federal de la Secretaría de Desarrollo Social en el Estado, Subdelegada de Desarrollo Urbano y Vivienda y delegada en el Estado de la Secretaría de Desarrollo Social en el Estado. Actualmente se desempeña como Secretaria Ejecutiva de la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato.

Cebada Contreras, María del Carmen

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), División de Ciencias Sociales y Humanidades.
Correo electrónico: cebada@ugto.mx
Áreas de Interés: Desarrollo regional rural y urbano, transformaciones productivas, mercados de trabajo, migración interna e internacional y campesinado (aplicando enfoque de sustentabilidad, perspectiva de género y análisis de políticas públicas).
Trayectoria profesional: Egresada de la Escuela Superior de Economía del IPN. Realizó estudios de maestría en Ciencias Sociales en la Flacso, Sede México, y estudios de doctorado en Sociología en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Actualmente es profesora investigadora del Departamento de Estudios Sociales e imparte materias de teoría social, metodología y seminarios de investigación. Coordina los programas de Antropología Social y Sociología. Estudia aspectos relacionados con el uso de recursos y los cambios rural-urbanos en un contexto de migración social. Ha dirigido cuatro tesis de licenciatura y dos de maestría. Ha presentado ponencias en congresos internacionales (cinco) y nacionales (10); participa en proyectos de investigación del cuerpo académico Sociedad, cultura y política y ha publicado artículos en revistas especializadas y libros colectivos.

Cecaira Ricoy, Ramón

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Biología.
Correo electrónico: atreyus77@gmail.com
Áreas de Interés: Conservación de la biodiversidad, ecología, mastozoología, desarrollo sustentable y divulgación científica.
Trayectoria profesional: Biólogo egresado de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Becario de la Fundación Carolina para obtener el Master en Gestión y conservación de la Biodiversidad en los Trópicos. Universidad de San Pablo-CEU/Red IberoMaB Unesco. Se ha desempeñado como consultor en diferentes proyectos de impacto ambiental y estudios de flora y fauna, en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Pemex y StatoilHydro Research Center. Trabajó como coordinador de monitoreo biológico en el Proyecto SINAP II, del Global Environmental Trust Fund adscrito a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y en el área de transferencia de tecnología de la Comisión Nacional Forestal. Colaboró en proyectos de Ecología de artrópodos, incluidos su tesis de licenciatura en la Facultad de Ciencias, UNAM.

Cerano Paredes, Julián

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Cenid RASPA
Correo electrónico: cerano.julian@inifap.gob.mx
Áreas de Interés: Dendroclimatología, Dendropirocronología, Recursos Naturales y Medio Ambiente.
Trayectoria profesional: Egresado del departamento forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente por la Universidad Autónoma Chapingo. Actualmente es Investigador Titular en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera, como parte de la red de servicios ambientales. Forma par-

te del laboratorio de Dendrocronología donde desarrolla estudios sobre reconstrucciones paleoclimáticas, regímenes de incendios y la relación clima-incendios. Cuenta con más de 30 publicaciones en congresos nacionales e internacionales y participación en más de 15 artículos publicados en revistas nacionales e internacionales. Actualmente participa en dos proyectos nacionales y uno internacional.

Cervantes Jiménez, Mónica

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Facultad de Ciencias Naturales.
Áreas de Interés: Biología
Trayectoria profesional: Estudiante de 7° semestre de Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro. Ha participado en tres congresos.

Cervantes Ortíz, Francisco

Institución: Instituto Tecnológico de Roque (ITR)

Contreras Ruiz Esparza, Ana Victoria

Institución: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
Correo electrónico: vcontreras@conabio.gob.mx
Áreas de Interés: Ecosistemas acuáticos, restauración ecológica, manejo y conservación de la biodiversidad.
Trayectoria profesional: Realizó la maestría en ciencias en el Posgrado de Ciencias Biológicas de la UNAM y la licenciatura en biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Ha colaborado en proyectos de conservación y restauración de ecosistemas acuáticos en particular en lagos urbanos utilizando una amplia variedad de herramientas como modelos de distribución espacial y monitoreo ambiental. Ha publicado dos artículos en revistas arbitradas y participado en congresos internacionales. Actualmente trabaja en CONABIO como Analista de Enlace y Estudios de Biodiversidad.

Constante García, Vicenta

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Cenid RASPA.
Correo electrónico: constante.garcia@inifap.gob.mx
Áreas de Interés: Dendrocronología, y dinámica forestal.
Trayectoria profesional: Ingeniero Forestal, egresada de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila. Actualmente se desempeña como Investigador Asociado "A" en el INIFAP Cenid RASPA y colabora en proyectos de investigación con fondos nacionales e internacionales. Ha expuesto ponencias en foros nacionales y colaborado en más de cinco artículos en revistas indizadas del Conacyt.

Córdova Athanasiadis, Milagros

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ)
Correo electrónico: milcorat@gmail.com
Áreas de Interés: Manejo de cuencas, degradación de suelos, sistemas de información geográfica, sistemática y biogeografía de arácnidos.
Trayectoria profesional: Bióloga de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, y egresada de la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas de la Universidad Autónoma de Querétaro, actualmente labora como docente en dicho posgrado. Ha participado en diversos proyectos de manejo de cuencas y de recursos naturales, así como proyectos de planeación territorial.

Corona López, Angélica María

Institución: Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (Cibyc).
Correo electrónico: acorona@uaem.mx
Áreas de Interés: Taxonomía, Filogenia, Biogeografía, Historia Natural y Faunística de la familia Buprestidae (Insecta: Coleoptera).
Trayectoria profesional: Egresada de la licenciatura en Biología de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (Unicach) (1992-1997). Realizó su tesis de licenciatura en la Estación Biológica Chamela, Instituto de Biología, UNAM (1997-1999). Sus estudios de Doctorado fueron desarrollados en la Facultad de Ciencias, UNAM, en el Posgrado de Ciencias Biológicas (2001-2005). Se incorporó al Cibyc en 2006 como profesor-investigador Titular A, por medio del programa de Apoyo Complementario para la Consolidación Institucional de Grupos de Investigación (Retención) por Conacyt. Actualmente desarrolla diversos proyectos de investigación en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (Rebiosh) y es docente en la Facultad de Ciencias Biológicas, UAEM impartiendo cursos como titular (Sistemática y Biogeografía) o como invitada (Biología de Plantas Epífitas, Biología Evolutiva e Invertebrados). Es curadora de la colección de insectos Colección de Insectos de la Universidad de Morelos (CIUM), resguardada en el Cibyc-UAEM.

Cortés Barrera, Eunice Nayeli

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, A grícolas y Pecuarias (INIFAP)Cenid RASPA
Correo electrónico: nayeli_coba@yahoo.com.mx.

Áreas de Interés: Sistemas de información geográfica. Trayectoria profesional: Bióloga egresada de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, ha participado en proyectos de Sistemas de Información Geográfica UAM-I, INALI y Cenid-Comef con ponencia en congresos, así como en manejo de recursos naturales en el Cenid-RASPA, actualmente es pasante de Maestría en Ciencias Ambientales en la Facultad de Agrobiología de la Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Cortina Segovia, Sofía

Institución: Comisión Nacional Forestal (Conafor).
Correo electrónico: sofiacortina@hotmail.com, scortina@conafor.gob.mx.
Áreas de Interés: Marco legal e institucional para la conservación y protección del medio ambiente y recursos naturales.
Trayectoria profesional:Egresada de la Facultad de Derecho de la Universidad Nacional Autónoma de México. Desde 1993 ha trabajado en el sector ambiental diseñando e implementando políticas públicas ambientales como el cobro de derechos para ingresar a áreas naturales protegidas y la política ambiental de costas. Fue asesora legal de la organización no gubernamental Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente trabajando por la protección del Mar de Cortés y Pacífico Norte en proyectos marinos y costeros. Ha escrito diversas publicaciones entre los que destaca el "Análisis del Marco Legal y recomendaciones de océanos y costas en México", "Assessing policy influences on people's relationship to water ecosystem services: The Mexican experience". Actualmente es Gerente General de Servicios Ambientales del Bosque de la Comisión Nacional Forestal (Conafor).

Cotler Ávalos, Helena

Institución: Instituto Nacional de Ecología (INE)
Dirección de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas.
Correo electrónico: hcotler@ine.gob.mx
Áreas de Interés: Erosión y conservación de suelos, manejo de cuencas.
Trayectoria profesional: Ingeniera Agrónoma por la Universidad Nacional Agraria-La Molina (Perú), cursó la Maestría en Geología de Formaciones Superficiales en la Universidad de Lieja (Bélgica) y el Doctorado en Ciencias Agronómicas en la Facultad de Ciencias Agronómicas de Gembloux (Bélgica). Ha laborado en el Instituto de Ecología y el Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, entre 1995 al 2001. Ha publicado varios artículos en revistas arbitradas, de difusión y como capítulos de libros. Ha presentado numerosos trabajos en Congresos Nacionales e Internacionales. Actualmente es Directora de Manejo Integral de Cuencas Hídricas en el INE.

Cruz Angón, Andrea

Institución: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
Correo electrónico: acruz@conabio.gob.mx.
Áreas de Interés: Ecología, manejo y conservación de la biodiversidad, certificación de manejo forestal sustentable, planeación para la gestión de la biodiversidad. Trayectoria profesional: Bióloga de la Universidad Michoacana. Obtuvo el grado de Doctor en Ciencias en Ecología y Manejo de Recursos Naturales por parte del Instituto de Ecología, A. C. Trabajó como asistente y coordinador de proyectos de investigación del Centro de Aves Migratorias del Smithsonian Institution (SI) en Chiapas, Xalapa y Guatemala. Participó como evaluadora ambiental de programas de certificación de buen manejo forestal en comunidades y ejidos forestales de México. Trabajó en la Gerencia de Protección Ambiental de la Dirección Corporativa de Operaciones de Pemex. Actualmente se desempeña como Coordinadora de Enlace y Estrategias de Biodiversidad de la CONABIO. Ha publicado cerca de una decena de artículos en revistas científicas internacionales arbitradas y algunos de divulgación. Fue Coordinadora y Editora General de Biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado.

Cruz Hernández, Andrés

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Facultad de Ciencias Naturales
Correo electrónico: andrex1998@hotmail.com
Áreas de Interés: Biotecnología de plantas.
Trayectoria profesional: Egresado de la Escuela Nacional de Estudios Superiores Iztacala de la UNAM. Realizó estudios de maestría y doctorado con especialidad en Biotecnología de Plantas en el Cinvestav-IPN, Unidad Irapuato. Trabaja como Investigador del Cinvestav-IPN, Unidad Irapuato en el Departamento de Biotecnología y Bioquímica, es investigador Nacional nivel I. Es autor de 28 publicaciones relacionadas con la biotecnología de plantas, ha dirigido ocho tesis de licenciatura y dos de maestría, y ha sido responsable de seis proyectos financiados por organizaciones nacionales. Fue distinguido por la FAO para asistir al Postharvest-Biotechnology Expert Consultation Meeting, celebrado en Túnez (2006).

Cruz Jiménez, Gustavo

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), División de

Ciencias Naturales y Exactas.
Correo electrónico: cruzg@ugto.mx
Áreas de Interés: Ciencias Ambientales (fitorremediación).
Trayectoria profesional: Estudió la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo y la Maestría en Química en la Universidad de Guanajuato. El grado de Doctor en Ciencias e Ingeniería del Medio Ambiente lo obtuvo en la Universidad de Texas en El Paso. Su tesis de doctorado y sus trabajos recientes se enfocan en los efectos tóxicos de metales en diferentes plantas nativas de Guanajuato y en fitorremediación. Actualmente es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel I) y cuenta con la distinción de Perfil Promep.

Cruz José, José Luis

Institución: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG).
Correo electrónico: jcruzjos@guanajuato.gob.mx
Áreas de Interés: Hidrografía, cuencas.
Trayectoria profesional: Ingeniero Geólogo egresado del Instituto Politécnico Nacional realizó estudios de Maestría en Gestión Integrada de Cuencas, ha participado como ponente en congresos nacionales e internacionales en el tema del agua subterránea. Es coautor del libro Modelación aplicada a sistemas acuíferos: Enfoques y Desarrollos en México. Actualmente se desempeña como director de Estudios y Monitoreo de la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato.

Cueva Torres, G. Berenice

Institución: Instituto Politécnico Nacional (IPN)
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Cinvestav-IPN Unidad Irapuato.
Correo electrónico: gcueva@ira.cinvestav.mx
Áreas de Interés: Filogenética, Biología Molecular de Plantas, Epigenética.
Trayectoria profesional: Egresada de la Universidad Motolinía con el titulo de Químico de Farmacéutico Biólogo. Maestro en Ciencias del Instituto de Investigación en Biología Experimental de la Universidad de Guanajuato. Desde 1990 auxiliar de investigación en el departamento de Ingeniería Genética en el Cinvestav, Unidad Irapuato. Trabaja en el laboratorio de Proteínas de Reserva y del Citoesqueleto de Actina en Semillas, Departamento de Ingeniería Genética.

Cuevas Carrillo, José Isidro

Institución: Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), Dirección de Recursos Naturales
Correo electrónico:jcuevasc@guanajuato.gob.mx.
Áreas de Interés: Ordenamiento Ecológico.
Trayectoria profesional: Oceanólogo y M. en C. egresado del Colegio de la Frontera Norte (Colef) y Centro de Investigación Científica y de Educación Superior (Cecice). Fue Director de Geografía y Geomática del Centro de Información Guanajuato (INFO) de Gobierno del Estado de Guanajuato y Director de Geoestadística del Instituto Municipal de Planeación de León (Implan). Participó y dirigió varios proyectos de desarrollo e implementación de sistemas de información geográfica y análisis espacial de información estatal y municipal. Actualmente colabora en la gestión, desarrollo e instrumentación del Ordenamiento Ecológico del territorio del Estado de Guanajuato y de los Ordenamientos Ecológicos Locales de los principales municipios de Guanajuato en el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato.

Charre Medellín, Juan Felipe

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Biología.
Correo electrónico: jfcharre@yahoo.com.mx
Áreas de Interés: Monitoreo de Mamíferos de Talla mediana y grande.
Trayectoria profesional: Biólogo egresado de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Ha participado en los siguientes proyectos: Diagnóstico y propuesta sobre el potencial de manejo sustentable de la fauna silvestre en el Bajo Balsas, Michoacán; Rescate, conservación y manejo de la liebre del Istmo *Lepus flavigularis* una especie en peligro de extinción; Conservación de mamíferos en Chiapas; Priorización de áreas de conservación en México utilizando una aproximación multitaxa. También participó como revisor del libro Colecciones mastozoológicas de México. Actualmente participa en el proyecto Monitoreo de mamíferos de talla mediana y grande del municipio de Victoria, Reserva de la Biósfera Sierra Gorda de Guanajuato.

Chávez Herrera, Roberto

Institución: Secretaría de Desarrollo Agropecuario del estado de Guanajuato
Correo electrónico: rchavez@guanajuato.gob.mx
Áreas de Interés: Control de Malezas Acuáticas y Acuacultura, Humedales
Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Ha realizado estudios diversos en humedales, manejo de recursos naturales y en administración pública. Gerente Técnico del Fideicomiso de Rehabilitación de Cuencas Hidrográficas. Ha presentado tres ponencias en Congresos Internacionales y ocho

Nacionales; tres publicaciones; Coautor de artículos Diagnósticos Biológico- Pesqueros y del "Diagnóstico Pesquero y Acuícola del Estado de Guanajuato". Actualmente es responsable de Acuacultura y Pesca en el Gobierno del Estado de Guanajuato.

De la Cerda Lemus, Margarita Elia

Institución: Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA).
Correo electrónico: mdlc@correo.uaa.mx.
Áreas de Interés: Florística y taxonomía.
Trayectoria profesional: Egresada de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Maestría en Ciencias en Biología. Actualmente es profesora-investigadora del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, imparte cátedras de Botánica, Taxonomía vegetal, Botánica General, Anatomía vegetal en las carreras de Biología, Agronomía y Análisis Químico Biológico. Es responsable de la colección del Herbario desde 1980 a la fecha. Ha presentado 14 trabajos en Simposium, Congresos Nacionales e Internacionales, fue tutora de dos tesis de licenciatura y de seis talleres de Investigación en los cuales se revisan detalladamente familias de fanerógamas del Estado. Cuenta con numerosas publicaciones sobre la flora del estado de Aguascalientes. Se le otorgó el Premio estatal al mérito Ecológico y Premio estatal al mérito Ambiental.

De la Rosa Álvarez, Ma. Guadalupe

Institución: Universidad de Guanajuato (UG).
Correo electrónico: delarosa@ugto.mx.
Áreas de Interés: Biorremediación de sitios contaminados con metales pesados. Monitoreo de metales en material particulado. Especiación mediante espectroscopía de absorción de rayos X.
Trayectoria profesional: Graduada de la Facultad de Química de la Universidad de Guanajuato. Obtuvo la Maestría en Química Analítica Ambiental y el Doctorado en Ciencias del Medio Ambiente e Ingeniería por la University of Texas en El Paso. Actualmente cuenta con 50 publicaciones, 72 ponencias en congresos nacionales e internacionales, y la dirección de 15 tesis de licenciatura, maestría o doctorado. Participa o ha participado como responsable o colaboradora en más de diez proyectos de investigación. Actualmente responsable de un proyecto apoyado por Conacyt y uno por Concyteg. Nivel II del SNI.

Delgado Saldívar, Luis

Institución: Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), Centro de Ciencias Básicas.
Correo electrónico: ldelgads@correo.uaa.mx
Áreas de Interés: Biología.
Trayectoria profesional:Egresado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes de la licenciatura en Biología y la especialidad en métodos estadísticos por el Centro de Investigaciones en Matemáticas (Cimat). Actualmente es profesor-investigador de la Universidad Autónoma de Aguascalientes en el área de Zoología, donde imparte las materias de Biología de los Invertebrados I, Introducción a la Investigación y Manejo de Ecosistemas desde hace 25 años. Ha sido coordinador del Jardín Botánico Rey Netzahualcoyótl de la UAA. Ha participado en trabajos ecológicos de entomofauna, especialidad Lepidopterología, tema con el que ha participado en la dirección de talleres de investigación de cuatro alumnos.

Díaz Pardo, Edmundo

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) Facultad de Ciencias Naturales-UAQ).
Correo electrónico: ediazp@uaq.mx.
Áreas de Interés:Conservación de peces, hábitats acuáticos.
Trayectoria profesional: Actualmente pertenece al Plantel Académico de la Universidad Autónoma de Querétaro, donde tuvo a su cargo la Coordinación del Posgrado en Recursos Bióticos. Es Biólogo, con Maestría y Doctorado en Ciencias (especialidad Biología) por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Ha impartido cátedra en diferentes universidades nacionales y del extranjero. Su línea de investigación incide sobre la conservación de peces y hábitats acuáticos, con experiencias en trabajos taxonómicos, bioecológicos y arqueozoológicos. Es autor de 80 artículos científicos y capítulos de libros y es coeditor de otro. Ha dirigido 40 tesis de licenciatura y 28 de maestría y doctorado. Fue miembro de la presidencia de la Sociedad Ictiológica Mexicana, de la cual sigue siendo miembro honorario. Participó en la elaboración de la NOM-059-ECOL en sus versiones 1994 y 2001.

Domínguez Ruíz, Sergio Ignacio

Institución: Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), Dirección de Planeación y Política Ambiental.
Correo electrónico: sdominguezr@guanajuato.gob.mx
Áreas de Interés: Biología, ciencias del mar, planeación ambiental y estudios del futuro.
Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana, con estudios de Maestría en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y un Diplomado en Planeación Ambiental de la misma UNAM.

Realizó estudios de Maestría en Estudios del Futuro y Prospectiva en la Universidad de Houston, Texas, Campus Clear Lake, EUA. En el sector académico e investigación se desempeñó en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y en el Centro de Estudios Prospectivos de la Fundación Javier Barros Sierra A.C., en la Ciudad de México. Consultor de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte y asesor de la Agencia Alemana GTZ. En el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato ocupó los cargos de Director de Desarrollo Ambiental y Director de Prevención de la Contaminación y el Deterioro Ambiental. A nivel federal, ocupó el cargo de Director General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental del INE de la Semarnat. Ha sido Consultor independiente en diversos aspectos ambientales. Actualmente es Director de Planeación y Política Ambiental del Instituto de Ecología del Gobierno del Estado de Guanajuato.

Elizalde Arellano, Cynthia

Institución: Instituto Politécnico Nacional (IPN), Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB).
Correo electrónico: thiadeno@hotmail.com
Áreas de Interés: Sistemática y ecología de mamíferos
Trayectoria profesional: Bióloga egresada de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Realizó estudios de Maestría en la Facultad de Ciencias de la UNAM y realiza sus estudios de Doctorado en la UAM-Xochimilco. Es profesora-investigadora de la ENCB donde imparte las cátedras de Zoología de Cordados, Mastozoología y Manejo de Fauna. Ha participado en 15 proyectos de investigación sobre sistemática y ecología de mamíferos. Ha presentado 26 ponencias en congresos (20 nacionales, seis internacionales). Ha publicado nueve artículos científicos, cuatro capítulos de libros y ha codirigido cuatro tesis de licenciatura. Es asistente del curador de las colecciones científicas de vertebrados terrestres y dirige un proyecto apoyado por CONABIO.

Ellsworth, Josh

Institución: Fundación Ciencias del Ecosistema
Correo electrónico: jellsworth@gmail.com
Áreas de Interés: Ecología y economía ambiental.
Trayectoria profesional: Realizó una Maestría en Ecología Forestal en la Universidad de Massachusetts y una Maestría en Desarrollo Internacional Sustentable en la Universidad de Brandeis. Actualmente colabora con la Fundación Ciencias del Ecosistema y es profesor de agricultura sostenible de la Heller School for Social Policy de Brandeis. Ha sido expositor en diversos congresos internacionales, escrito artículos académicos y dirigido una tesis de nivel maestría. Actualmente también es el coordinador del programa Todos por el Agua, un sistema de pagos por servicios ambientales en San Miguel de Allende, Guanajuato.

Escalante Pliego, Bertha Patricia

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Biología.
Correo electrónico: tilmatura@ibiologia.unam.mx.
Áreas de Interés: Taxonomía y estudios moleculares.
Trayectoria profesional:Egresada de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México como Bióloga y Maestra en Ciencias, obtuvo su doctorado en la City University of New York. Lleva 20 años trabajando profesionalmente en el estudio y conservación de las aves de México. Es profesora e investigadora de la Universidad Nacional Autónoma de México en el Instituto de Biología, actualmente funge como curadora de la Colección Nacional de Aves y Jefa del Departamento de Zoología. Es miembro electo y corresponding fellow de la AOU, fue Presidenta de la Sociedad de Ornitología Neotropical (2003-2007) y es miembro honorario de Cipamex (Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México). Actualmente, es miembro activo de varios comités, entre los que destacan: Comité de Colecciones Científicas de la AOU, Comité de Especialistas de Cracidos de la IUCN, International Ornithological Committee y Comité Mexbol (Iniciativa para El Código de Barras de la Vida, capítulo México). Desde 1990 hasta 2010 tenía 21 artículos publicados en revistas indexadas. En el área de divulgación a producido 12 trabajos. Uno de sus productos más usados en esta área es el "Listado de nombres comunes de las aves de México".

Escudero Hernández, Abraham G.

Áreas de Interés: Herpetología y la conservación de especies en peligro de extinción.
Trayectoria profesional: Egresado de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ha participado en diferentes reuniones del Proyecto de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Crocodylia en México, organizados por la Dirección General de Vida Silvestre de Semarnat. Realizó un diplomado sobre Actualización en Herpetología dictado por la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, y otro en Derecho y Gestión Ambiental, dictado por la Facultad de Ciencias, UNAM. Participó en el curso Formulación de Proyectos en Materia de Impacto Ambiental de Competencia Federal y Determinación de Medidas para su Mitigación,

Semranat, Puebla, México. Ha presentado cuatro ponencias en congresos internacionales.

Esparza Claudio, José de Jesús

Institución: Arges Ambiental
Correo electrónico: jesparza@argesambiental.com
Áreas de Interés: Investigación y desarrollo tecnológico en ingeniería ambiental.
Trayectoria profesional: Ingeniero Agrónomo en Irrigación por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de Saltillo, Coahuila, actualmente cursa la Maestría en Ingeniería Ambiental con tema de tesis de "Simulación numérica de la presunta contaminación del acuífero Silao-Romita por residuos mineros (jales) en el municipio de Guanajuato". Ha realizado diversas actividades en Ingeniería de proyectos, Caracterización de sitios contaminados por hidrocarburos, estudios de olores, manejo de cuencas y ordenamiento ecológico a través de la aplicación de imágenes de satélites, planeación hidrológica y forestal para el ordenamiento territorial. Dentro de su experiencia destaca haber laborado en el Instituto Municipal de Planeación de León (IMPLAN) en el área de investigación, además de la participación en diversas mesas de trabajo como: Comité de Atlas de Riesgos de Municipio de León, Guanajuato, Comité de Prevención de Inundaciones (León), Plan de Manejo de la Zona de Montaña (León). Dominio de las metodologías de Ordenamiento Ecológico del Territorio, Planeación Sistémica, Sistemas de Información Geográfica. Trabajó en Ciatec, A.C., como ingeniero asociado en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en ingeniería ambiental.

Estrada Ávalos, Juan

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Cenid RASPA.
Correo electrónico: estrada.juan@inifap.gob.mx.
Áreas de Interés: Manejo de cuencas hidrológicas, hidrología superficial, y sistemas de información geográfica.
Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Realizó una Maestría en Riego y Drenaje en la misma universidad y estudios de Doctorado en Hidrología Continental en Universidad de Montpellier, Francia. Actualmente es investigador del INIFAP en el área de Manejo de Cuencas, miembro del sni y responsable de diversos proyectos en el Manejo Integral de los Recursos Naturales con enfoque de cuencas. Ha publicado, como autor y coautor, una serie de artículos relacionados con el uso del agua tanto en revistas internacionales y nacionales, además de participar en la dirección de varias tesis a nivel de Maestría y Doctorado en distintas Universidades de México.

Estrada Sillas, Yadira Fabiola

Institución: Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).
Correo electrónico: festradasillas@gmail.com, festradasillas@yahoo.com.
Áreas de Interés: Ecología de aves, conservación y restauración de recursos naturales.
Trayectoria profesional: Bióloga egresada de la Universidad de Guadalajara, realizó diplomados en conservación de humedales y restauración ecológica. Laboró en el Instituto de Ecología del Estado apoyando en actividades referentes a gestión, ejecución, seguimiento y operación de las acciones de conservación, saneamiento y restauración del ANP Laguna de Yuriria. Ha participado en proyectos de ecología y conservación de aves terrestres en el ANP Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, en monitoreo de aves acuáticas en el sitio Ramsar Laguna de Sayula y en el Programa emergente del monitoreo de la fauna del Parque Nacional Isla Isabel.

Fernández Basaldúa, Aracely

Institución: Cuerpos de Conservación Guanajuato, A.C.
Correo electrónico: informa@ccg.org.mx.
Áreas de Interés: Gestión de proyectos de desarrollo.
Trayectoria profesional: Egresada del Tecnológico Regional de León Guanajuato en Ingeniería Industrial. Cuenta con experiencia en gestión de proyectos sociales y cooperación internacional en Cuerpos de Conservación Guanajuato A.C., donde también se desempeñó como Coordinadora de Desarrollo Institucional. Ponente en conferencias sobre Sustentabilidad y Educación, así como en Encuentros Nacionales de Investigadores Sociales. Radica actualmente en Italia donde colabora con la asociación más importe de defensa de los recursos naturales: Legambiente. Es coautora de las publicaciones: Sierra de Santa Rosa, Patrimonio Natural de Guanajuato, 2005. Mujeres de Santa Rosa: una experiencia de organización productiva. 2004. Programa de Desarrollo Sustentable de la Sierra de Santa Rosa (PDS) 2003.

Fernández Carpio, Vidal

Institución: Instituto Tecnológico de Roque (ITR)
Correo electrónico: vfdzc@yahoo.com.mx.
Áreas de Interés: Producción y tecnología de semillas.
Trayectoria profesional: Egresado del Instituto Tecnológico de Roque como Maestro en Ciencias y Doctorando en Producción y Tecnología de Semillas en el Colegio de Pos-

graduados de Texcoco, Estado de México. Profesor-investigador de tiempo completo para la licenciatura en el área de Agronomía y de Maestría en Producción y Tecnología de Semillas, nombramiento de profesor de tiempo completo, línea de investigación en manejo de recursos fitogenéticos y tecnología de semillas, responsable de la dirección de al menos tres proyectos de investigación, colaboración en la formación de recursos humanos a nivel de licenciatura y maestría, con publicación de cuatro artículos, y más de 12 ponencias en congresos nacionales e internacionales.

Figueroa Rivera, María Guadalupe

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Áreas de Interés: Patología de la semilla y mejoramiento genético.
Trayectoria profesional:Egresada de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Roque, con la maestría en ciencias en semillas. Actualmente es becaria Programa de Apoyos para Maíz y Frijol (PromaF) en el INIFAP. Sus líneas de investigación incluyen producción de semillas, polinizaciones controladas, liberación de variedades. Ha dado clases de Botánica y Seminario de Investigación en el Instituto Tecnológico de Roque y presentado trabajos siete congresos.

Flores Mejía, Sandra

Institución: Universidad Laval
Correo electrónico: flowers_sandra@yahoo.com, sandra_floresmejia@yahoo.com.
Areas de Interés: Control Biológico.
Trayectoria profesional: Egresada de la carrera de Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Guanajuato. Obtuvo la Maestría en Protección Vegetal de Hortalizas en la misma Institución. Actualmente cursa estudios de doctorado en la Universidad Laval en Canadá. Tiene cuatro artículos publicados en revistas con arbitraje y se ha desempeñado como docente. Ha colaborado en diversos proyectos relacionados con la producción de hortalizas.

Flores Olvera, Ma. Hilda

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Biología.
Correo electrónico: mahilda@ibiologia.unam.mx.
Áreas de Interés: Sistemática vegetal y florística.
Trayectoria profesional: Egresada de la Facultad de Ciencias de la UNAM, con Doctorado en Ciencias. Es Investigadora del Instituto de Biología; imparte cursos de Licenciatura en la Facultad de Ciencias y de Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM. Su tema de especialidad es el de Sistemática de Amaranthaceae y Chenopodiaceae, incluyendo aspectos florísticos, taxonómicos y cladísticos. Ha dirigido siete tesis de licenciatura y cinco de maestría. Ha publicado 22 artículos científicos, cinco capítulos de libros y tres libros, así como ocho publicaciones de divulgación, seis entrevistas, 27 conferencias y 15 ponencias en congresos internacionales. Actualmente es Jefa del Herbario Nacional de México y Curadora de Plantas Vasculares.

Frías Hernández, Juan T.

Institución: Universidad de Guanajuato (UGTO), Campus Irapuato-Salamanca
Correo electrónico: jtfrias@dulcinea.ugto.mx
Áreas de Interés: Manejo de recursos naturales en ecosistemas áridos y producción sustentable de biocombustibles.
Trayectoria profesional:Ingeniero Agrónomo Zootecnista y Maestro en Ciencias en Manejo de Pastizales por la UAAAN, Saltillo, Coahuila, Doctor en Biotecnología de Plantas por el Cinvestav, Unidad Irapuato. Profesor de Ecología, Conservación de Suelos y Agua y Bioenergética Agropecuaria en la Diciva, Universidad de Guanajuato. Desarrolla las Líneas de Investigación Manejo de Recursos Naturales en Ecosistemas Áridos y Producción Sustentable de Biocombustibles. Ha publicado cerca de 35 artículos en revistas con arbitraje, dos libros y ocho capítulos en libros. Ha dirigido 32 tesis de licenciatura y una de Doctorado. Es miembro del SNI y de la Academia Mexicana de las Ciencias.

Fuentes Hernández, Verónica

Institución: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG).
Correo electrónico: vfuentes@guanajuato.gob.mx.
Áreas de Interés: Ingeniería ambiental y calidad del agua.
Trayectoria profesional: Egresada de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos de la Licenciatura en Ingeniería Química. Realizó la Maestría en Ingeniería Ambiental en el Departamento de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Trabajó en el IMTA, en la Subcoordinación de Potabilización y participó en el desarrollo del proyecto Políticas de Normalización del Sector Agua 2000-2020. Posteriormente ingresó a la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato como Jefe del departamento de Calidad del Agua; participó en el desarrollo del Programa Hidráulico para el Estado de Guanajuato 2000-2006 y actualmente supervisa el desarrollo de diagnósticos de

calidad del agua, planes de manejo de cuencas, diseños e implementación de redes de monitoreo de calidad del agua en el estado de Guanajuato.

Galindo Arizpe, Claudia Lorena

Institución: Consultor independiente
Correo electrónico: galindo.arizpecl@hotmail.com.
Áreas de Interés: Desarrollo sustentable. Diseño, evaluación e implementación de políticas públicas relacionadas con temas de sustentabilidad y desarrollo local, regional y nacional.
Trayectoria profesional: Egresada de la Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México, con maestría en Gestión de la Ciudad por la Universidad Abierta de Cataluña. Ha desempeñado diversos cargos públicos en el gobierno federal y en el Distrito Federal y ha colaborado con diversas instituciones académicas y sociales a lo largo de su vida profesional. Actualmente es consultora independiente; con instituciones como el Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo" y el Centro de Especialistas en Gestión Ambiental (Cegam, S.C.), entre otras, participa en proyectos sobre desarrollo regional sustentable así como en la evaluación y diseño de políticas públicas relacionadas con la sustentabilidad del desarrollo y el manejo de recursos naturales en el nivel nacional, regional y local.

Gamero Posada, Erika Cecilia

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), División de Ciencias Naturales y Exactas
Áreas de Interés: Mejoramiento genético de entomopatógenos.
Trayectoria profesional: QFB egresada de la Universidad Juárez de Durango. Realizó una Maestría en ciencias en la Universidad de Guanajuato. Tiene una patente nacional en registro y ha presentado dos ponencias en congresos nacionales e internacionales. Ha contribuido a la formación de varios estudiantes de licenciatura.

García Alvarado, Juventino

Institución: Universidad Veracruzana (UV), Instituto de Investigaciones Forestales, (Inifor-UV).
Correo electrónico: juvgarcia@uv.mx.
Áreas de Interés: Taxonomía, sistemática , ecología y diversidad de hongos.
Trayectoria profesional:Biólogo, egresado de la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana, Técnico Académico (Auxiliar de Investigador) del Instituto de Genética Forestal y Profesor de Asignatura en la Facultad de Biología. Ha colaborado en diversas contribuciones sobre Micología, Ecología y Biodiversidad. Catedrático de la asignatura Hongos y Líquenes en Facultad de Biología de 1985 a la fecha, colaborador en el curso Applied Mycology impartido en The Michigan Technological University (2000-2004). Curador de la sección Micología del Herbario XALU por 15 años.

García Balderas, Christian Martín

Institución:Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), Departamento de Biología.
Correo electrónico: christian_gar86@hotmail.com.
Áreas de Interés: Herpetología y biodiversidad.
Trayectoria profesional:Estudiante activo de la carrera de Biología de la UAA, ha participado en el proyecto Densidad poblacionalde Pternohyla dentata: *Smilisca dentata* (ANURA: HYLIDAE) y forma parte de la Asociación para la Conservación de la Biodiversidad del Centro de México, A.C. Este es su primer trabajo publicado.

García Esquivel, Mónica

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato.
Áreas de Interés: Tipificación de cepas de hongos entomopatógenos.
Trayectoria profesional: Ingeniera Bioquímica egresada del Instituto Tecnológico de Morelia, quien realizó su tesis de Licenciatura en el Laboratorio de Genética Molecular de Hongos de la Universidad de Guanajuato. Posteriormente realizó estudios de Maestría en la Universidad de Guanajuato. Actualmente es estudiante del programa de Doctorado del Centro de Investigación y Estudios Avanzados Unidad Irapuato. Ha presentado dos ponencias en congresos nacionales e internacionales.

García González, María del Rocío

Institución: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG).
Correo electrónico: mrgarciag@guanajuato.gob.mx.
Áreas de Interés: Balances de agua subterránea.
Trayectoria profesional: Es Ingeniero en Hidráulica egresado de la Universidad de Guanajuato y cuenta con estudios de Maestría en Ciencias del Agua por parte de la Universidad de Guanajuato. Del año 2008 a la fecha labora como jefe del Departamento de Balances de Agua subterránea en la Dirección General de Planeación, dentro de la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato. Ha impartido clases como profesor de tiempo parcial de las materia de Hidráulica de Pozos, Hidrología Subterránea en la Facultad de Geomática e Hidráulica, de la Universidad de Guanajuato y ha participado en diversas investigaciones y ha presentado ponencias en Congresos Nacionales.

García Jiménez, Coatlicue

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Ciencias.
Correo electrónico:cobadova@hotmail.com.
Áreas de Interés:Ecología, desarrollo sustentable, educación ambiental y la divulgación de la ciencia.
Trayectoria profesional:Pasante de biología de la Facultad de Ciencias UNAM. Hizo su servicio social y fue becaria de la Academia Mexicana de las Ciencias con el proyecto "La ciencia en tu escuela". Se encuentra realizando su tesis sobre el Pedregal de San Ángel.

García Leaños, María de Lourdes

Institución:Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Bajío.
Correo electrónico: garcia.lourdes@inifap.gob.mx
Áreas de Interés: Entomología y conservación de recursos naturales.
Trayectoria profesional:Egresada de Biología en la ENEP Iztacala, Estado de México y con estudios de Maestría en Ciencias con especialidad en Entomología en el Colegio de Postgraduados, en Montecillos, Estado de México. Actualmente es Investigadora Titular en el Cebaj, donde he desarrollado y colaborado en proyectos en los cuales se intenta manejar las plagas como un componente más del sistema agroecológico, y otros en los que se busca la conservación de recursos naturales en general. He escrito dos artículos científicos, más de seis publicaciones técnicas, 20 trípticos, alrededor de 30 ponencias y asesorado seis tesis.

García Lozano, Arturo

Institución: Cuerpos de Conservación Guanajuato, A.C.
Correo electrónico: direccion@ccg.org.mx.
Áreas de Interés: Manejo integral de microcuencas.
Trayectoria profesional: Certificado como Técnico en Restauración de Microcuencas por el Servicio Forestal de Estados Unidos y Diplomado en Conservación de Recursos Naturales. Es Director de Cuerpos de Conservación Guanajuato, A.C.; y ha desempeñado cargos como Coordinador de Proyectos Productivos del Instituto de la Mujer Guanajuatense y Subdirector de Proyectos Ecológicos del Municipio de Guanajuato. Es miembro del Subcomité CECoP del Comité Nacional de Humedales Prioritarios CONANP-Semarnat. Es Consejero Consultivo de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Estado de Guanajuato, miembro del Consejo Directivo de la Procuraduría de Protección al Ambiente y de la Comisión Estatal del Deporte y Atención a la Juventud en el Estado de Guanajuato. Coautor de las publicaciones: Sierra de Santa Rosa, Patrimonio Natural de Guanajuato, 2005. Mujeres de Santa Rosa: una experiencia de organización productiva, 2004. Programa de Desarrollo Sustentable de la Sierra de Santa Rosa (PDS), 2003.

Garrido Díaz, Carlos Roberto

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Bajío.
Correo electrónico: lca.crgd@gmail.com.
Áreas de Interés: Agro climatología.
Trayectoria profesional: Licenciado en Ciencias Atmosféricas y especialista en Métodos Estadísticos, egresado de la Universidad Veracruzana. Estuvo a cargo de la Subdirección de Riesgos Hidrometeorológicos de Protección Civil del Distrito Federal, realizando pronóstico del tiempo y seguimiento de eventos severos. Colaboró en el proyecto "Control de calidad de datos de estaciones climatológicas" de AgroAsemex. Actualmente colabora con el grupo de trabajo de "Modelos Dinámicos" del M. en C. Juan Ángel Quijano del Cebaj-INIFAP, con actividades de control de calidad de datos climáticos y meteorológicos, elaboración de base de datos en mallas, análisis de datos, pronóstico climático y agroclimático.

Gómez Luna, Blanca Estela

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), Campus Celaya-Salvatierra.
Correo electrónico: bgomezl2000@yahoo.com.mx.
Áreas de Interés: Ecología microbiana, biodiversidad de microorganismos del suelo.
Trayectoria profesional: Profesor investigador asociado A, Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Candidato del SNI. Productos de investigación tres artículos en revistas nacionales e internacionales, ocho publicaciones in extenso en congresos científicos nacionales e internacionales, un capítulo de libro. Ha participado en 20 congresos nacionales e internacionales y dirigido una tesis de licenciatura.

Gómez Sánchez, Maricela

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Facultad de Ciencias Naturales.
Correo electrónico: gomezs@uaq.mx.
Áreas de Interés: Sistemática, Florística y Anatomía de Plantas vasculares y anatomía foliar y ultraestructura de

gramíneas mexicanas.
Trayectoria profesional: Bióloga por la Universidad Autónoma de Nuevo León, Maestra en Ciencias con especialidad en Botánica por el Colegio de Posgraduados y estudios doctorales en proceso en la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es profesor-Investigador en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro donde estudia distintos aspectos de Sistemática, Florística y Anatomía de Plantas vasculares y anatomía foliar y ultraestructura de Gramíneas mexicanas. Ha sido responsable de diversos proyectos financiados por el Conacyt y la CONABIO, ha publicado 16 artículos científicos en revistas internacionales, ocho artículos de divulgación, un libro, dos capítulos de libro y ha dirigido 15 tesis de licenciatura.

González Carrillo, Álvaro Guillermo

Institución:Consultor independiente.
Correo electrónico: coga79@gmail.com.
Áreas de Interés: Ecología, educación ambiental.
Trayectoria profesional:Biólogo egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco. Laboró como investigador del Instituto de Ecología de Guanajuato a través de la Fundación Ecológica de Guanajuato; generando así datos actualizados de la riqueza de aves en la sierra de Santa Rosa, lo cual constituyó el referente para la definición hábitat prioritarios para la conservación del bosque templado. También, participó con la empresa CAABSA EAGLE, S.A. de C.V. como Coordinador de Educación ambiental en el programa de recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en el área metropolitana de Guadalajara y zona conurbada. Posteriormente, con la Comisión Nacional Forestal sirvió como enlace estatal para la realización de cursos de capacitación en materia forestal aplicados al mismo personal interno de la institución, a los beneficiarios del programa ProArbol y a la sociedad en general. Actualmente funge como Consultor ambiental participando en instituciones dedicadas a la conservación y manejo de recursos naturales, tales como CM Forest, Planeta 4, A.C., Zoológico de Irapuato y la misma Universidad de Guanajuato.

González Chavira, Mario Martín

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Bajío.
Áreas de Interés: Genética molecular, y análisis de genomas mediante marcadores genéticos moleculares.
Trayectoria profesional: Ingeniero Agrónomo de la Universidad Autónoma de Nuevo León, maestría en Biología Molecular y Doctorado en Biotecnología de Plantas en Cinvestav-Irapuato. Ha trabajado más de 20 años en mejoramiento genético y en la caracterización de genomas de plantas y fitopatógenos, usando marcadores genéticos de ADN, énfasis en la búsqueda de resistencia genética y su incorporación a nuevas variedades. Ha publicado 23 artículos en revistas científicas nacionales e internacionales. Ha formado 15 estudiantes de licenciatura, 5 de maestría y uno de doctorado. Pertenece al SNI nivel II. Responsable de más de 10 proyectos financiados por instituciones nacionales e internacionales.

González Hernández, Adriana Judith Xóchitl

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Biología.
Correo electrónico: vreynoso@ibiologia.unam.mx.
Areas de Interés:Sistemática y taxonomía de anfibios y reptiles.
Trayectoria profesional:Egresada de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la UNAM. Sus estudios de licenciatura los realizó con un estudio de anfibios y reptiles en el estado de Michoacán. Actualmente es Profesora de la Facultad de Ciencias de la UNAM e imparte cátedras de Anfibios y Reptiles, Deuterostomados y Manejo de Vertebrados. Colabora en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología en la catalogación y determinación de los organismos. Ha participado en diversos proyectos enfocados a rescate y estudio de fauna. Ha presentado 20 ponencias en congresos nacionales. Tiene varias publicaciones en revistas de arbitraje nacional, así como la elaboración de material didáctico.

González Hernández, Gloria Angélica

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), División de Ciencias Naturales y Exactas.
Correo electrónico: gonzang@ugto.mx.
Áreas de Interés: Genética molecular de hongos entomopatógenos empleados en el control biológico de plagas y genética molecular de levaduras de interés industrial.
Trayectoria profesional: Obtuvo el grado de Doctor en Ciencias en la Universidad de Guanajuato y estancia posdoctoral en la Universidad de Salamanca, España. Actualmente es Profesor titular de Universidad de Guanajuato, imparte cursos en Licenciatura y Posgrado. Es co-responsable del Laboratorio de Genética Molecular de Hongos. Realiza estudios en levaduras y hongos filamentosos de interés industrial y en control de plagas. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores y acreedora al reconocimiento Perfil Deseable otorgado por la Secretaría de

Educación Pública (SEP). Ha publicado 13 artículos científicos en revistas con arbitraje internacional, publicaciones en revistas indizadas, un libro, una patente internacional y una patente nacional. Ha formado cinco Doctores, 13 Maestros en Ciencias y 19 Licenciados. Es responsable de proyectos apoyados por SEP, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Universidad de Guanajuato.

González Orozco, Arturo

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.
Correo electrónico: gonzalez.arturo@inifap.gob.mx.
Áreas de Interés:Investigación pecuaria.
Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad Veracruzana como MVZ. Realizó una maestría en reproducción animal. Es especialista en sistemas de producción animal en bovinos lecheros, bovinos de carne y doble propósito. Es investigador titular del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el área de transferencia de tecnología pecuaria y fue responsable de 1998 a 2003 del proyecto: Transferencia de tecnología pecuaria en el estado de Guanajuato; actualmente es responsable del proyecto: Capacitación, seguimiento y evaluación de los GGAVATT en el estado de Guanajuato. Coautor de tres trabajos completos en revistas científicas, autor principal de tres libros técnicos; cuatro publicaciones técnicas y 35 resúmenes en congresos nacionales.

González Sánchez, Cristina

Institución: Consultora ARBOCETA MEXICANA S.C.
Correo electrónico: crissgs66@hotmail.com.
Áreas de Interés: Ciencias sociales.
Trayectoria profesional: Egresada del Colegio Juana De Asbaje en Celaya, en la especialidad Trabajo Social. Actualmente colabora con Asociaciones Civiles realizando investigaciones sociales y elaboración de diagnósticos sociales participativos en comunidades rurales y áreas naturales protegidas del estado de Guanajuato. Ha realizado diagnósticos sociales en tres subcuencas localizadas en el estado. Investigaciones a cerca de las tradiciones y uso de plantas medicinales. Es coautora de dos libros y de un folleto técnico. Ha sido maestra en escuelas secundarias y preparatorias en San Miguel de Allende, Guanajuato.

González Sosa, Enrique

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Laboratorio de Hidráulica, Facultad de Ingeniería.
Correo electrónico: egs@uaq.mx.
Áreas de Interés: Hidrológica de base física.
Trayectoria profesional: Egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, con maestría en Hidráulica y doctorado en Mecánica de medios geofísicos y medio ambiente. Profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro desde 1985. Miembro del SNI desde el 2000, ha publicado más 20 artículos científicos, participado en más de 20 congresos, dirigido dos tesis de licenciatura y trece de posgrado, ha sido responsable de cuatro proyectos de investigación apoyados por Conacyt.

Guadián Marín, Jesús Israel

Institución: Cuerpos de Conservación Guanajuato, A.C.
Correo electrónico: israel.guadian@gmail.com
Áreas de Interés: Biología
Trayectoria profesional:Egresado de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Actualmente es tesista en el Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío. Se ha desempeñado como instructor comunitario en el programa de cursos comunitarios en el Conafe así como supervisor de campamentos educativos en la organización Cuerpos de Conservación Sierra de Pénjamo, A.C. (CCSPAC). Ha realizado labores de educación ambiental, y trabajó como promotor comunitario en el Programa de Intervención para el Desarrollo Rural Sustentable en la Microcuenca Arroyo el Sauz (CCSPAC y Sedesol). Fue director de Cuerpos de Conservación Sierra de Pénjamo, A.C. entre 2006 y 2009. Ha publicado Riqueza natural, histórica y cultural de la Sierra de Pénjamo, Gto., 2007 y Crónicas de la Sierra de Pénjamo, Gto. Una riqueza viva, 2009.

Guerrero Villalobos, Josefina

Institución: Ecogroup Consultoría.
Correo electrónico:josefina_grov@yahoo.com.mx.
Áreas de Interés:Conservación de recursos naturales.
Trayectoria profesional: Bióloga egresada de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México, Maestra en Protección y Conservación Ambiental por la Universidad Iberoamericana, plantel León, ha colaborado en diversas dependencias de gobierno federal y estatal (Semarnat, Conafor, IEG, Propaeg), como consultora ambiental donde ha participado en estudios para la declaratoria de áreas naturales protegidas de carácter estatal y proyectos de restauración de los recursos naturales (suelo, agua y vegetación).

Guevara Escobar, Aurelio

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Facultad de Ciencias Naturales.

Correo electrónico: guevara@uaq.mx.
Áreas de Interés: Agroforestería y relaciones hídricas
Trayectoria profesional:Egresado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, con especialidad en Producción Lechera Tropical, maestría en Nutrición Animal y doctorado en Ciencia Vegetal. Profesor de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro desde 1999. Miembro del SNI desde el 2000, ha publicado 12 artículos científicos, participado en más de 30 congresos, dirigido siete tesis de licenciatura y tres de posgrado, ha sido responsable de siete proyectos de investigación apoyados por industria o Conacyt.

Gurrola Hidalgo, Marco Antonio

Institución:Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Biología.
Correo electrónico: gurrola@ibunam2.ibiologia.unam.mx; gurrola@servidor.unam.mx.
Áreas de Interés: Taxonomía y Aves migratorias.
Trayectoria profesional: Biólogo y M. en C., egresado de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Estuvo asignado a la Estación de Biología Chamela en el estado de Jalisco en donde colaboró en varios proyectos de investigación teniendo como resultado varios artículos con aves, mamíferos, reptiles e insectos. Actualmente colabora en actividades curatoriales, incremento y conservación de la Colección Nacional de Aves (Cnav) del Instituto de Biología de la UNAM, y con aves migratorias en el proyecto de Monitoreo de Sobrevivencia Invernal en la Reserva del Pedregal de San Ángel, de la UNAM.

Gutiérrez Benicio, Glenda Margarita

Institución: Instituto Tecnológico de Roque (ITR), División de Estudios de Posgrado e Investigación.
Áreas de Interés: Bioquímica de plantas.
Trayectoria profesional: Ingeniero Bioquímico egresada del Instituto Tecnológico de Colima, actualmente realiza estudios de Maestría en Ciencias en Producción y Tecnología de Semillas en el ITR, con tema de tesis relacionado con la clonación y caracterización de genes involucrados en mecanismos de defensa en plantas.

Gutiérrez Czelakowska, Diana

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ)
Áreas de Interés: Cuencas, conservación de biodiversidad, participación social y manejo sustentable de los recursos naturales.
Trayectoria profesional: Licenciada en Biología (1999-2005) y Maestría en Gestión Integrada de Cuencas (2006-2008), ambas en la Universidad Autónoma de Querétaro. Fue becada por el Conacyt para el estudio de esta última. Ha presenciado cursos relacionados con Geomorfología y con Sistemas de Información Geográfica para el desarrollo de su proyecto de tesis de maestría "Propuesta de conectividad de áreas críticas para el mantenimiento de la estructura y función de la cuenca San Miguel de Allende". Participó en la elaboración del Plan Rector de Producción y Conservación (PRPC) de la microcuenca de Alcocer, Guanajuato.

Gutiérrez Gallegos, Jorge Alberto

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES-Zaragoza).
Áreas de Interés: Taxonomía de plantas vasculares.
Trayectoria profesional: Maestro en Ciencias con especialidad en Botánica Sistemática, egresado del Colegio de Postgraduados. Biólogo, FES- Zaragoza, UNAM. Actualmente es Profesor de Asignatura "A" e imparte los cursos Plantas sin Semilla y Plantas con Semilla en la Carrera de Biólogo. Su área de estudio es la taxonomía de plantas vasculares y la sistemática de la familia Themidaceae. Ha participado en diversos congresos acionales e internacionales. Tiene en prensa dos artículos, uno sobre anatomía floral y otro sobre morfometría, de los géneros del complejo Milla.

Gutiérrez Hernández, Altagracia

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Facultad de Ciencias Naturales.
Correo electrónico: altagraciagh@yahoo.com.mx
Áreas de Interés: Limnología integral y ecología acuática.
Trayectoria profesional: Bióloga egresada de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, tiene una especialidad en Sistemas de Información Geográfica, obtenida en la Universidad Autónoma del Estado de México y Doctorado en Recursos Bióticos por la Universidad Autónoma de Querétaro. Ha llevado a cabo estancias académicas en el Instituto de Ecología de Xalapa, Veracruz y en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, España. Su línea de investigación es la limnología integral y ecología acuática, con énfasis en la interrelación calidad de agua-fitoplancton-peces, principalmente en los aspectos de reproducción, crecimiento y estado de salud de las poblaciones de peces y en sus cambios como efecto del impacto ambiental.

Gutiérrez Rodríguez, Gabriela

Institución:Universidad de Guanajuato (UG), Museo de Historia Natural Alfredo Dugès.

Correo electrónico: gabygtzrdz@yahoo.com.mx
Áreas de Interés: Botánica.
Trayectoria profesional: Egresada de la Universidad Autónoma de Aguascalientes en la licenciatura en Biología. Desde el año 2001 curadora del herbario del Museo de Historia Natural Alfredo Dugès de la Universidad de Guanajuato, Coordinadora de los cursos de educación Continúa, del Ciclo de conferencias "Lunes de Ciencias" y de los talleres infantiles en la misma institución. Participó en el XVI Congreso Mexicano de Botánica con el tema "Situación actual del herbario del Museo de Historia Natural Alfredo Dugès de la Universidad de Guanajuato" y en el XVIII Congreso Nacional de Zoología con el tema "Invertebrados del Museo de Historia Natural Alfredo Dugès de la Universidad de Guanajuato".

Guzmán, Ana Fabiola

Institución: Instituto Politécnico Nacional (IPN), Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
Correo electrónico: fguzman@ipn.mx
Áreas de Interés: Estudio de los vertebrados en lo general y de los peces en lo particular, con énfasis en la arqueozoología.
Trayectoria profesional: Bióloga egresada de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, en donde también cursó y obtuvo el grado de Maestra en Ciencias (Biología); el doctorado lo realizó en la Universidad Autónoma de Madrid. Labora como profesora en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional y como Profesor-Investigador en el Laboratorio de Arqueozoología del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Se ha enfocado principalmente al estudio de los vertebrados en lo general y de los peces en lo particular, con énfasis en la arqueozoología. De esa actividad ha resultado la presentación de 15 conferencias y 38 ponencias, la publicación de 42 trabajos en revistas nacionales e internacionales, libros y capítulos de libros, la elaboración de 34 informes técnicos y la dirección de siete tesis de licenciatura.

Guzmán González, David

Institución: Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE)
Correo electrónico: dguzman@guanajuato.gob.mx.
Áreas de Interés: Áreas naturales protegidas.
Trayectoria profesional: Ingeniero Bioquímico con especialidad en productos naturales por el Instituto Tecnológico de Celaya en 2002. Fue jefe del departamento de Ecología en el municipio de Moroleón, Guanajuato de 2003 a 2006, donde desarrolló trabajos en la creación y manejo del ANP Cerro de los Amoles, saneamiento del tiradero municipal, acondicionamiento y operación del vivero municipal, reforestación y educación ambiental, elaboración, publicación e implementación del reglamento municipal de Ecología, entre otras. Del 2007 al 2008 fue responsable del Proyecto Contigo Vamos Conservación de la Laguna de Yuriria para el IEE, desarrollando acciones de restauración y conservación de los recursos naturales en tres ANP estatales (Laguna de Yuriria, cerro de los Amoles y lago Cráter la Joya). De julio de 2008 a la fecha, es Coordinador de Áreas Naturales Protegidas en el IEE donde es responsable de la administración y manejo de las 21 ANP en el estado.

Guzmán Gutiérrez, José Rubén

Institución: Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE).
Correo electrónico: paleovert@yahoo.com.mx.
Áreas de Interés: Paleontología de vertebrados.
Trayectoria profesional: Cursó sus estudios de Biología en la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Ha participado en varios trabajos y presentaciones en foros nacionales en el tema de la paleontología, particularmente de Aguascalientes. Actualmente, funge como jefe del Departamento de Paleontología en la Secretaría de Turismo del Gobierno del Estado de Aguascalientes y dirige el laboratorio del mismo tema en el desarrollo turístico de El Caracol, dentro del Parque del El Cedazo en la capital del estado. Ha realizado trabajos de rescate de restos fósiles en la entidad y participa activamente con distintos equipos de paleontólogos nacionales en el reporte y estudio de hallazgos en Jalisco y Chihuahua. Ha presentado varias ponencias en congresos nacionales y publicado varios artículos en revistas nacionales. Es Presidente de la asociación civil Centro para la Conservación del Patrimonio Natural y Cultural de México, A.C.

Guzmán Juárez, Laura Elena

Institución: Instituto Hombre-Naturaleza A.C.
Correo electrónico: lauraelenajuarez68@yahoo.com
Áreas de Interés: Procesos históricos de poblamiento, aprovechamiento sustentable, educación y gestión ambiental.
Trayectoria profesional: Egresada de la licenciatura en Historia en la Facultad de Filosofía y Letras y del posgrado en Antropología Social en el Instituto de Investigaciones Antropológicas en la UNAM. Cuenta con un Diplomado en Ecología, Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental por parte de la Universidad Iberoamericana. Colaboró en 1995 en la Dirección General de Programas Regionales (Proders) en la

Semarnap; en la Comisión de Recursos Naturales del Gobierno del D.F. (1998); en la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del GDF (2002); y en la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp/Semarnat, 2003). A partir de 2003 se ha desarrollado como consultora en temas relacionados con medio ambiente y sociedad.

Guzmán Maldonado, Salvador Horacio

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.
Correo electrónico: guzman.horacio@inifap.gob.mx
Áreas de Interés: Calidad nutracéutica de especies subutilizadas. Alimentos funcionales. Efecto de los procesos sobre la calidad funcional de los alimentos.
Trayectoria profesional: Doctor en Biotecnología y Maestro en Ciencias en Biología Vegetal (Cinvestav-IPN, Unidad Irapuato) e Ingeniero Bioquímico (Instituto Tecnológico de Celaya). Desde 1992 a la fecha se ha desempeñado como investigador del INIFAP; coordinando más de 10 proyectos regionales, estatales e internacionales relacionados con los alimentos funcionales y con especies subutilizadas. Ha participado en congresos nacionales e internacionales y publicado más de 60 artículos científicos. Actualmente es responsable del laboratorio de Alimentos Funcionales del Campo Experimental Bajío. Profesor invitado de los programas de posgrado de la Universidad Autónoma de Querétaro, Aguascalientes y de varios institutos tecnológicos del país.

Heredia García, Elena

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.

Hernández, Héctor M.

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Biología.
Correo electrónico: hmhm@ibiologia.unam.mx.
Áreas de Interés: Sistema, biogeografía y conservación de cactáceas.
Trayectoria profesional: Obtuvo el título de Biólogo en la Facultad de Ciencias de la UNAM y el grado de doctor en la Universidad de San Luis, San Luis Misouri. Actualmente es investigador titular del Instituto de Biología de la UNAM, en donde ha centrado su interés en el estudio de diversos aspectos biológicos y ecológicos de las cactáceas mexicanas y en generar elementos para su conservación. Ha ocupado los cargos de Jefe del Herbario Nacional (1988), Jefe del Departamento de Botánica (1995) y Director del Instituto de Biología (1995-2003). Ha publicado diversos trabajos sobre sus investigaciones biológicas en diferentes revistas nacionales e internacionales, libros y capítulos de libros. Es miembro de diversas asociaciones científicas, vicepresidente de la Organización Internacional para el Estudio de las Plantas Suculentas (IOS), presidente del Grupo de Especialistas de Cactáceas y Plantas Suculentas (UICN/Cssg) y del Subcomité de Conservación de Plantas (UICN). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1987, actualmente en el Nivel II.

Hernández Árciga, Raúl

Institución: Herpetario de San Luis la Paz.
Correo electrónico: raulnefrey@hotmail.com.
Áreas de Interés: Herpetología, fotografía, y educación ambiental.
Trayectoria profesional: Biólogo y fotógrafo guanajuatense. Ha participado en la gestión ambiental municipal, como director de Medio Ambiente de San Luis de la Paz y Tierra Blanca en la Sierra Gorda Guanajuatense. Así como en la publicación de 11 nuevos registros de anfibios y reptiles, así como tres de mamíferos de la Sierra Gorda, ha presentado trabajos en cuatro reuniones nacionales de herpetología y en el último congreso latinoamericano de herpetología. Fundador del proyecto: Herpetario de San Luis de la Paz, y colaborador en proyectos de investigación y educación ambiental con el Jardín Botánico 'El Charco del Ingenio' y el Museo de Historia Natural "Alfredo Dugès" de la Universidad de Guanajuato.

Hernández López, David

Institución: Instituto Tecnológico de Celaya.
Correo electrónico: davidh@itc.gob.mx.

Hernández Martínez, Miguel Angel

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Bajío.
Correo electrónico: hernandez.angel@inifap.gob.mx.
Áreas de Interés: Agroforestería y manejo forestal.
Trayectoria profesional: Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas e Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Durante 2002-2007 se desempeñó como asistente de investigación en proyectos estatales de sistemas agroforestales, propagación, cuidado y mantenimiento de especies forestales nativas en parcelas agroforestales y Arboretum; coautor en publicaciones relaciona-

das al uso de la vegetación nativa y transferencia de tecnología. De 2008 a la fecha realiza actividades de investigación en manejo forestal sustentable y agroforestería, con recursos fiscales de INIFAP y del Concyteg.

Hernández Peña, Mario Arturo

Institución: El Charco del Ingenio, A.C.
Correo electrónico: charcodelingenio@gmail.com.
Áreas de Interés: Gestión integrada de cuencas hidrográficas, gobernanza, desarrollo local, organización comunitaria, desarrollo sustentable.
Trayectoria profesional: Licenciatura en Sociología por la Universidad Autónoma de Nuevo, estudios de Agua Subterránea por la Universidad Nacional Autónoma de México, Maestría en Gestión Integrada de Cuencas por la Universidad Autónoma de Querétaro. Ha colaborado con Save the Children, región Guanajuato; con la Sociedad Audubon de México. Ha participado en la elaboración del Plan Rector de Producción y Conservación de la microcuenca de Guadalupe de Támbula. Actualmente es Director de la zona de preservación ecológica conocida como El Charco del Ingenio.

Hernández Quintana, Andrés

Institución: Rancho el Arenal, Ejido Llanos de Santa Ana, Municipio de Guanajuato.
Correo electrónico: apicultoreselarenal@live.com.mx.
Áreas de Interés: Conservación y uso sustentable de la biodiversidad.
Trayectoria profesional: Ejidatario y comisario ejidal de Llanos de Santa Ana, Guanajuato. Coordina los proyectos de conservación y uso sustentable de recursos en el predio El Arenal, reconocido por el municipio. Tiene a cargo proyectos de invernaderos, composta, captación de agua y reforestación. Forma parte del grupo de productores de miel del estado y coordina las labores de rescate de serpiente de cascabel del Centro de Rescate y Reproducción de Serpientes de Cascabel.

Hernández Sandoval, Luis Gerardo

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Facultad de Ciencias Naturales.
Correo electrónico: luishs@uaq.mx.
Áreas de Interés: Análisis y valoración de la diversidad vegetal del centro y noreste de México; sistemática del orden Asparagales.
Trayectoria profesional: Egresado como Biólogo de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Hizo su doctorado sobre Botánica en la Universidad de Texas en Austin. Actualmente es Profesor-Investigador de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro donde estudia aspectos de la sistemática de Agavaceae y Ruscaceae (Nolineae), así como investigaciones sobre el valor de la diversidad desde el punto de vista ecológico, cultural y económico en el centro y noreste de México. Tiene 30 artículos arbitrados publicados, 15 capítulos de libros, ha dirigido tres tesis de doctorado, seis de maestría y 11 de licenciatura. Ha sido responsable de 10 proyectos financiados y al momento es el Director de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Ibarra Manríquez, Guillermo

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Centro de Investigaciones en Ecosistemas (Cieco).
Áreas de Interés: Florística, vegetación y conservación de la flora.
Trayectoria profesional: Biólogo egresado de la Facultad de Ciencias (1985), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con estudios de maestría en el Colegio de Postgraduados, Chapingo, México (1990) y doctorado en la Facultad de Ciencias (UNAM), en 1994. Actualmente labora como Investigador Titular "B" en el Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la UNAM y es investigador nivel II del Sistema Nacional de Investigadores. Sus principales líneas de investigación son: 1) composición y estructura de las especies vegetales en distintos tipos de vegetación de México, que permitan diseñar sistemas alternativos y eficientes para su conservación; 2) estudios florísticos en bosques templados y tropicales; 3) estudios de fenología y dispersión; 4) cuantificar la magnitud la riqueza arbórea en diferentes regiones del país, y 5) taxonomía y biogeografía de la familia Moraceae. Hasta el momento tiene más de 50 contribuciones publicadas entre libros, capítulos de libros y artículos.

Iglesias Hernández, Jesús Antonio

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Biología.
Correo electrónico: Iglesias25@yahoo.com.mx
Áreas de Interés: Ecología y conservación de mamíferos.
Trayectoria profesional: Pasante de Biólogo de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala UNAM, ha participado en varios proyectos acerca de la fauna silvestre del estado de Guanajuato, ha participado en dos congresos nacionales y ha escrito una nota científica en una revista internacional; colaborador de la Colección de Fotocolectas Biológicas, actualmente es estudiante del Laboratorio de Sistemas de In-

formación Geográfica donde participa en proyectos de conservación y diversidad de fauna silvestre.

Juárez Guzmán, Laura Elena

Institución: Instituto Hombre-Naturaleza A.C.
Correo electrónico: lauraelenajuarez68@yahoo.com.
Áreas de Interés: Procesos Históricos de poblamiento, aprovechamiento sustentable, educación y gestión ambiental.
Trayectoria profesional: Egresada de la licenciatura en Historia en la Facultad de Filosofía y Letras y del posgrado en Antropología Social en el Instituto de Investigaciones Antropológicas en la UNAM. Cuenta con un Diplomado en Ecología, Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental por parte de la Universidad Iberoamericana. Colaboró en 1995 en la Dirección General de Programas Regionales (Proders) en la Semarnap; en la Comisión de Recursos Naturales del Gobierno del D.F. (1998); en la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del GDF (2002); y en la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp/Semarnat, 2003). A partir de 2003 se ha desarrollado como consultora en temas relacionados con medio ambiente y sociedad.

Kato Miranda, Enrique

Institución: Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato
Correo electrónico: ekato@guanajuato.gob.mx.
Áreas de Interés: Planeación ambiental estatal, impacto ambiental, legislación ambiental, gestión ambiental y tecnología ambiental aplicada.
Trayectoria profesional: Biólogo por la UNAM con Maestría en Ciencias. Actualmente es Director General del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. Realizó investigación en ecología acuática. Fue director de Ecología en León, Guanajuato, (1992-1997). En 1998 fue director de Tecnología Ambiental en la Universidad Tecnológica de León; de 1999 al 2006, se desenvolvió en Ciatec como gerente ambiental en asesorías y proyectos ambientales para la industria. Autor o colaborador en cinco libros o publicaciones y en varias ponencias en congresos. Fue evaluador de proyectos para Conacyt. Ha participado como docente en diplomados y postgrados en universidades en Guanajuato, Michoacán, Chihuahua, Tamaulipas y Estado de México.

Labarthe Horta, Viviana

Institución: Consultor independiente.
Correo electrónico: vivianalabarthe@gmail.com.
Áreas de Interés: Conservación de Recursos Naturales, Manejo de Fauna Silvestre, Educación Ambiental y Desarrollo Sustentable.
Trayectoria profesional: Egresada de la Licenciatura en Biología de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro. Realizó una Maestría sobre el Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales en la Facultad de Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán. Actualmente es consultor independiente de la Asociación Civil Proenlaces, donde elabora, gestiona y da seguimiento a proyectos de desarrollo comunitario, manejo y aprovechamiento sustentable de recursos naturales y educación ambiental. Su libro Las Aves de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato fue publicado por la Fundación Ecológica de Guanajuato y el Instituto de Ecología del mismo estado.

Larragivel Bustamante, Víctor Manuel

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).

Lastra Bustamante, Rosalía Susana

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), Campus Guanajuato.
Correo electrónico: lastra@ugto.mx.
Áreas de Interés: Economía internacional, interdisciplinariedad en organizaciones de educación superior.
Trayectoria profesional:Doctora en Estudios Organizacionales (UAM), maestra en Economía y Política Internacional (CIDE), y licenciada en Relaciones Internacionales (UNAM). En la actualidad, realiza funciones de docencia, investigación y extensión para la Universidad de Guanajuato. Entre sus logros profesionales en el área medio ambiental se cuenta la elaboración de diagnósticos macroeconómicos para la elaboración de once planes de desarrollo municipales, así como colaboradora del Implan ha impartido durante 20 años conferencias y cátedra de análisis económico orientado a la reflexión del rescate de las responsabilidades que tocan a cada actor social.

Leal Morales, Carlos Alberto

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato.
Correo electrónico: lealc@ugto.mx
Áreas de Interés: Hongos fitopatógenos con interés en el proceso de interacción y el biocontrol, así como su aplicación biotecnológica.
Trayectoria profesional:Egresado de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Cuatitlán, de la UNAM. Maestría en Ciencias (Bioquímica) de la Universidad de Guanajuato. Doctor en Ciencias (Biología Molecular) del Cinvestav. Ha reali-

zado posdoctorales en España y Estados Unidos de América. Actualmente es profesor de tiempo completo en la Universidad de Guanajuato donde imparte la materia de Bioquímica a nivel de licenciatura y maestría, así como cursos en el programa de doctorado. Ha presentado 30 ponencias en congresos internacionales y 36 nacionales, dirigido seis tesis de licenciatura, cuatro de maestría y cinco de doctorado y publicado 11 artículos en revistas internacionales.

López Azpeitia, Juan Guillermo de Jesús

Institución: Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).
Correo electrónico: jlopeza@guanajuato.gob.mx.
Areas de Interés: Calidad del Aire.
Trayectoria profesional: Ingeniero Químico por la Universidad de Guanajuato, es responsable del Desarrollado de Proyectos de Información de Calidad del Aire, Coordinador del Centro de Control de Calidad del Aire, tiene a su cargo el Área de Modelación y Meteorología en la Dirección de Gestión de la Calidad del Aire del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, opera los Programas de Contingencias Salamanca y Alerta Temprana en León; líder del proceso de Certificación del sistema de gestión de calidad en la norma ISO 9001:2008. Ha participado en publicaciones de programas para mejorar la calidad del aire de Salamanca y León.

López Benítez, Alfonso

Institución: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
Correo electrónico: alobe42@hotmail.com
Áreas de Interés: Fitopatología y fitomejoramiento
Trayectoria profesional: Doctorado en el área de fitopatología, actualmente profesor investigador nacional, maestro de licenciatura y posgrado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), jefe de departamento de fitomejoramiento de la Universidad. Miembro de la Sociedad Mexicana de Fitopatología y de la de Filogenética. Línea de investigación fitosanidad sustentable. Más de 20 años como profesor investigador. Ha dirigido más de 30 tesis de licenciatura y posgrado, de 12 proyectos de investigación, alrededor de 28 artículos científicos y ha participado en más de 100 congresos nacionales e internacionales.

López Carreón, Luis Alejandro

Institución: Conservación de la Biodiversidad del Centro de México, A.C.
Áreas de Interés: Herpetofauna.
Trayectoria profesional: Biólogo por parte de la Universidad Autónoma de Aguascalientes con un proyecto de tesis que compara la herpetofauna entre un área sobrepastoreada y otra conservada en San José de Gracia, Aguascalientes; ha participado en varios proyectos de inventario, ha impartido 23 pláticas con diferentes temas ambientales y un curso de acuarismo. Fue organizador de un taller de herpetología y de la 13a Semana Científica de Biología (2004). Sus intereses son el estudio de los anfibios y reptiles mexicanos, conservación de áreas naturales, programas de educación ambiental, acuacultura y herpetocultura. Actualmente es responsable del proyecto "Anfibios y Reptiles Asociados a la Rivera del Río Lerma, municipio de Salamanca, Guanajuato."

López González, Ana Sacramento

Institución: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Correo electrónico: niaboctruk.ana@gmail.com ; niaboctruk@hotmail.com.
Áreas de Interés:Conservación y manejo sustentable de los recursos naturales, implementación de estrategias para disminuir el impacto ambiental provocado por las actividades humanas.
Trayectoria profesional:Bióloga egresada de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Ha colaborado en proyectos sobre la diversidad de mamíferos, anfibios, reptiles y aves, y análisis de diversidad de vertebrados y prioridades de conservación, 1a etapa, ambos del estado de Guanajuato y coordinados por la Universidad de Guanajuato y el Instituto de Biología de la UNAM. Actualmente participa en proyectos sobre conservación y aprovechamiento de los recursos forestales no maderables del parque urbano ecológico de Capacuaro, Uruapan, Michoacán, elaboración del Ordenamiento Ecológico Territorial del municipio de Zinapécuaro, Michoacán, ambos coordinados por la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Además trabaja como colaborador externo en algunas consultorías dedicadas a la elaboración de proyectos carreteros, impacto ambiental y de ingeniería en general, en la elaboración de proyectos sobre Impacto ambiental, diagnósticos de fauna silvestre, entre otros.

López Pérez, Mercedes Guadalupe

Institución: Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Cinvestav-IPN, Unidad Irapuato.
Correo electrónico:mlopez@ira.cinvestav.mx.
Áreas de Interés:Biotecnología y bioquímica en productos naturales.
Trayectoria profesional:Egresada de la Escuela de Química

de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Realizó una Maestria en Química en la Universidad de Texas en El Paso, EUA, un Doctorado en Agricultura y Química Ambiental en la Universidad de California en Davis, EUA. Además, un Postdoctorado en la Universidad de Misouri en Columbia, EUA, así como una estancia sabática en la Universidad de Otago, en Nueva Zelanda, y otra en la Universidad de Berkeley en California. Fue Jefa del Departamento de Biotecnología y Bioquímica en Cinvestav-Irapuato y ha sido investigadora del mismo Centro desde hace 18 años como responsable del Laboratorio de Química de Productos Naturales. Tiene más de una década investigando el tequila y su ancestro, el Agave tequilana Weber variedad azul, así como otras especies de agave y su principal metabolito de reserva, los fructanos. Así como los benéficos que los fructanos de agaves aportan a la salud.

López Ramírez, Miguel Armando

Institución:Universidad Veracruzana (UV), Instituto de Investigaciones Forestales, (Inifor).
Correo electrónico: armlopez@uv.mx.
Áreas de Interés: Taxonomía, sistemática, ecología, diversidad, y hongos.
Trayectoria profesional: Biólogo por la Universidad Veracruzana. Investigador de tiempo completo del Instituto de Genética Forestal. Ha publicado más de 100 contribuciones impresas y electrónicas en Micología, Ecología y Biodiversidad en revistas científicas nacionales y extranjeras y cinco libros sobre Hongos y Ecología. Catedrático de Micología, Ecología y Taxonomía por más de 25 años en la Facultad de Biología. Maestro de la materia Applied Mycology en The Michigan Technological University (2000-2004). Ha dirigido 80 tesis de licenciatura en Biología, descrito tres especies nuevas para la Ciencia. Miembro de Sociedades Científicas Internacionales.

López Vidal, Juan Carlos

Institución: Instituto Politécnico Nacional (IPN), Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB).
Correo electrónico:jclvidal@hotmail.com
Áreas de Interés: Taxonomía y ecología de mamíferos (principalmente roedores, quirópteros y carnívoros) y de reptiles.
Trayectoria profesional: Egresado de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (IPN), cuenta con el grado de Maestro en Ciencias por la Facultad de Ciencias, UNAM, y es candidato a obtener el grado de Doctor en Ciencias por elInstituto de Ecología, UNAM. Actualmente es Profesor-Investigador en la ENCB, donde imparte las asignaturas Mastozoología, Herpetología y Manejo de Fauna de vertebrados Terrestres. Cuenta con 21 proyectos de Investigación a niveles de director, codirector y responsable, financiados por CONABIO, Conacyt, entre otros. Es también curador de tres colecciones científicas depositadas en el Laboratorio de Cordados Terrestres ENCB, que se encuentran entre las más importantes de México, a saber, la de Mamíferos, de Herpetozoarios y de Aves. Ha participado en 34 congresos y simposia nacionales e internacionales y cuenta con 21 publicaciones arbitradas.

Lozoya Gloria, Edmundo

Institución: Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Cinvestav-IPN, Unidad Irapuato.
Correo electrónico: elozoya@ira.cinvestav.mx.
Áreas de Interés: Metabolitos secundarios de plantas
Trayectoria profesional: Ph D por el Cinvestav-IPN Irapuato, Guanajuato, México. M. en C. por el Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM. QFB por la Facultad de Química, UNAM. Profesor-Investigador del Cinvestav-IPN Irapuato desde 1989 a la fecha. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) Nivel II desde 2003. 28 artículos publicados en revistas internacionales indizadas. 10 capítulos de libros en editoriales internacionales.

Lucio Palacio, César Raziel

Institución: Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), Centro de Ciencias Básicas.
Correo electrónico: cesar_ecotur@yahoo.com.
Áreas de Interés: Aracnología, biodiversidad, desarrollo sustentable.
Trayectoria profesional: Biólogo por la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Estudiante de la Maestría en Ciencias de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula. Su desempeño profesional ha sido principalmente en el uso racional de recursos naturales, la concientización respecto a problemas ambientales y la diversidad de diferentes organismos, principalmente arácnidos. Ha escrito un capítulo de libro y dos notas científicas y ha impartido diferentes cursos a nivel bachillerato y licenciatura. Recientemente se integró a la Asociación para la Conservación de la Biodiversidad del centro de México, A.C.

Luna Estrada, América Alejandra

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.
Correo electrónico: ameluna2000@yahoo.com.mx
Áreas de Interés: Investigación pecuaria.

Trayectoria profesional: Egresada de la Universidad Autónoma de Querétaro, como MVZ. Realizó una maestría en el área de nutrición animal. Es investigadora titular del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el área de transferencia de tecnología pecuaria y actualmente colabora en la Unidad Técnica Especializada Pecuaria del Estado de Guanajuato y Querétaro. En los últimos tres años, ha sido autora y coautora de cinco artículos científicos en revistas científicas nacionales e internacionales; coautora de cinco publicaciones técnicas y 23 resúmenes en congresos nacionales.

Macías Cuéllar, Juan José

Institución: Consultor independiente.
Áreas de Interés: Vegetación Nativa.
Trayectoria profesional: Egresado de la Escuela de Guardas Forestales del Estado de Michoacán, especialista en vegetación nativa de zonas templadas y de regiones áridas. Participó como coautor en la elaboración de las monografías de los coeficientes de agostadero de los Estados de Guanajuato, Querétaro e Hidalgo. Desarrolló la coordinación y posteriormente la Dirección regional de la Brigada Centro de la Comisión Técnica Consultiva de los Coeficientes de Agostadero. Actualmente está alejado de la actividad profesional.

Madrigal Bulnes, Agustín

Institución: Salvemos al Río Laja A.C.
Correo electrónico: amabulnes@hotmail.com
Áreas de Interés: Geología, Desarrollo Regional y Restauración y Conservación de Ecosistemas
Trayectoria profesional: Geólogo, egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Desde 1994 ha colaborado en diversos proyectos de Áreas Naturales Protegidas y Desarrollo Regional en diferentes municipios del estado de Guanajuato. Miembro de la Mesa Directiva de Salvemos al Río Laja desde el año 2000; a partir de 2007 Director de la Organización cuyo objetivo primordial es la restauración y conservación de los ecosistemas ribereños a través de programas de educación ambiental y capacitación campesina, con la participación activa de los habitantes de las comunidades rurales.

Magallán Hernández, Fabiola

Institución: Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (Concyteq) Jardín Botánico de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío".
Áreas de Interés: Botánica, manejo de recursos bióticos, plantas acuáticas, genética de poblaciones, humedales y Agavaceae.
Trayectoria profesional: Egresada de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro, donde estudió la Licenciatura en Biología y el doctorado en Recursos Bióticos. Actualmente labora en el Jardín Botánico de Cadereyta. Ha llevado a cabo estudios de diversidad genética de plantas acuáticas y caracterización de ecosistemas acuáticos, estudios florísticos y de vegetación, se ha enfocado en estudiar la familia Agavaceae. Ha sido ponente en doce foros entre los que destacan: XIV, XV y XVI Congresos Mexicanos de Botánica, IV Simposio Internacional sobre Agavaceae y Nolinaceae, 24 Reunión anual de la sociedad de científicos de humedales (Nueva Orleáns, EUA), 21 Reunión anual de la sociedad de científicos de humedales (Québec, Canadá). Distinciones: Cuatro premios, el más destacado: 1er lugar del premio Alejandrina a la Investigación (2001).

Magaña Cota, Gloria Eugenia

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), Museo de Historia Natural Alfredo Dugès.
Correo electrónico: gemc@ugto.mx.
Áreas de Interés: Ecología de pequeños mamíferos, historia de la ciencia.
Trayectoria profesional: Bióloga egresada de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala-UNAM. Con Maestría en Ciencias (Biología) en la Facultad de Ciencias-UNAM. Las principales líneas de investigación son en ecología de mamíferos, historia de la ciencia y divulgación y difusión de la ciencia. Coordinadora del Museo de Historia Natural Alfredo Dugès desde 1998 hasta la fecha. Responsable de 11 proyectos de investigación. Siete artículos arbitrados, un capítulo de libro y la coordinación de un libro.

Magaña Virgen, Miguel Enrique

Institución: Universidad de Guadalajara (UDG), Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.
Correo electrónico: magana@cucba.udg.mx.
Áreas de Interés: Gestión Ambiental.
Trayectoria profesional: Egresado de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara, realizó su Maestría en Ciencias Ambientales por el Instituto de Ecología de Málaga, España, una especialización en Educación Ambiental y un Diplomado en Política Gubernamental por el Instituto Nacional de Administración Pública, instancia que le otorgó el Premio Nacional de la Administración Pública. Actualmente es Profesor-Investigador, imparte la

cátedra de Evaluación del Impacto Ambiental y participa en coordinación de cursos sobre políticas ambientales, Normatividad Ambiental y Ordenamiento Ecológico del Territorio. Tiene cinco libros publicados sobre la gestión ambiental y actualmente está trabajando en la Génesis de la problemática ambiental y en la elaboración de metodologías alternativas de evaluación del impacto ambiental.

Maldonado Vega, María

Institución: Centro de Investigación Aplicada en Tecnologías Competitivas (Ciatec, A.C.)
Correo electrónico:mmaldona@ciatec.mx.
Áreas de Interés:Sus líneas de investigación se enfocan a problemas del riesgo laboral en poblaciones expuestas a metales pesados, el tratamiento de aguas residuales industriales y la recuperación de residuos sólidos.
Trayectoria profesional:Es bióloga de la ENEP Iztacala-UNAM, con estudios de Maestría en Biotecnología y Doctorado en Toxicología en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav-IPN), Ciudad de México. Se desempeñó como Auxiliar de Investigación en el Departamento de Bioquímica del Cinvestav-IPN. Desde 1996 y hasta la fecha es parte de la plantilla de investigadores titulares del Ciatec, A.C., de su trabajo se han derivado distinciones como Premio Adiat 2006 en modalidad de empresas Pyme, Reconocimiento al Merito Técnico 2006; Primer lugar en proyectos de investigación de riesgo laboral (1999, 2000, 2001 y 2007) por sector salud de Veracruz, la Asociación Mexicana de Bioquímica, Fesormex y Fenastac. Ha dirigido y desarrollado 19 proyectos de investigación y desarrollo tecnológico. Ha participado en foros especializados de más de 81 ponencias, divulgaciones y reportes técnicos. Actualmente cuenta con 15 artículos arbitrados internacionalmente y 14 en revistas nacionales; la publicación de dos libros publicados por editorial Trillas en sus áreas de investigación. Ha participado como profesor en las universidades de Guanajuato, Tecnológica de León, La Salle Bajío, Tecnológico de Monterrey y en el Ciatec. Ha sesorado y dirigido nueve tesis de licenciatura, seis de maestría y seis de doctorado. En el Sector de Cuero y Calzado se han transferido cinco desarrollos tecnológicos. Ha participado con otros grupos de investigación fuera de México en estancias cortas de investigación de la Escuela de Minas de Ales en Francia, La Universidad del Medio Ambiente UFZ-Leipzig de Alemania; en México participa con investigadores del Instituto de biomédicas de la UNAM, el Cinvestav-IPN unidad México y de Irapuato y la Universidad de Guanajuato. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I.

Mandujano Bueno, Andrés

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.
Correo electrónico: andres_mbueno@hotmail.com; amandujanob@gmail.com.
Áreas de Interés: Sistemas de información geográfica, nutrición vegetal.
Trayectoria profesional:Licenciado en informática, egresado del Instituto Tecnológico de Roque, al presente cursando la maestría en gestión integrada de cuencas en la universidad Autónoma de Querétaro. Colaborador en varios proyectos de investigación dentro del nodo agua-suelo en el Campo Experimental Bajío, del INIFAP, teniendo como resultado varios artículos de temas diferentes como el uso del suelo agrícola y manejo de fertilización nitrogenada en granos básicos. Actualmente colabora en actividades de fomento al uso eficiente de la fertilización nitrogenada y manejo de sistemas de información geográfica, miembro suplente de la Comisión Estatal de Información Geográfica del estado de Guanajuato.

Mandujano Chávez, Alejandra

Institución: Tecnológico de Monterrey Campus Irapuato
Correo electrónico: amandujano@itesm.mx.
Áreas de Interés: Biotecnología.
Trayectoria profesional: Doctorado en Ciencias, con especialidad en Biotecnología Vegetal por el Cinvestav-IPN, Irapuato, Guanajuato, México. Ingeniero Bioquímico en Alimentos por el Instituto Tecnológico de Celaya. Profesor de cátedra del área de ingeniería y de ciencias en el Tecnológico de Monterrey, Campus Irapuato, desde junio del 2001 a la fecha.

Marmolejo Hernández, Armando

Institución: Consultor independiente
Correo electrónico: aldebaranfe@yahoo.com.mx
Áreas de Interés: Estudios de Impacto Ambiental, Rescate de Flora, Seguimiento Ambiental de proyectos incluyendo de exploración minera.
Trayectoria profesional: Egresado de la Escuela de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad Autónoma de Zacatecas. Estudios de Maestría en Conservación y Protección Ambiental, Universidad Iberoamericana, Plantel León. Con experiencia en operación y diseño de instalación minera, en gestión y capacitación ambiental en municipios. Del 2004 a la fecha es profesionista independiente en el área de consultoría ambiental teniendo experiencia en el rescate de cactáceas, asesoría y gestión ambiental en proyectos carreteros, fraccionamientos, campos de golf, ban-

cos de material y exploración minera.

Márquez Lucio, María Azucena

Institución: Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Cinvestav Unidad Irapuato.
Correo electrónico: zucet01@yahoo.com.mx.
Áreas de Interés: Carretera Irapuato-León Libramiento Norte Km 9.6, Apdo. Postal 629, C.P. 36500, Irapuato, Guanajuato.
Trayectoria profesional:Químico Farmacobiólogo Facultad de Química de la Universidad de Guanajuato. Cursó el Doctorado en Ciencias en Biotecnología de Plantas Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Campus Guanajuato. Actualmente Profesor-Investigador Titular A del Departamento de Ingeniería Bioquímica del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. A la fecha ha dirigido cuatro tesis profesionales, tres proyectos de titulación y dos tesis en proceso. Es autora de cuatro artículos científicos y ha participado en 15 presentaciones en congresos nacionales e internacionales.

Martínez Ayala, Claudia

Institución:Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
Correo electrónico:martinezclaudia.7720@yahoo.com.mx.
Áreas de Interés:Vegetación Nativa, Semillas
Trayectoria profesional:Ingeniero agrónomo, egresada del Instituto Tecnológico de Roque. Actualmente cursa el segundo semestre de la maestría en Ciencias en Producción y Tecnología de Semillas. Ha laborado los últimos 10 años en el campo experimental Bajío-INIFAP como asistente de investigación en el área de Sistemas Agroforestales y como instructora en diversos talleres sobre arbustivas nativas así como en eventos de transferencia de tecnología en comunidades rurales. Ha presentado una ponencia en congreso nacional, coautora del video Producción Árboles de usos múltiples y en folleto técnico para productores. Y colabora actualmente como consultora con Arboceta Mexicana, S. C.

Martínez Cruz, Juan

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Centro de Investigaciones en Ecosistemas, (Cieco).
Correo electrónico: jmc@oikos.unam.mx.
Áreas de Interés: Florística, Vegetación y Conservación de la flora.
Trayectoria profesional:Biólogo egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México campus Iztacala. Con Maestría en Ciencias en la misma UNAM en la rama de Biología Ambiental, con el tema Áreas de Prioritarias para la Conservación de la Riqueza Arbórea de Colima, México. Ha trabajado principalmente en el conocimiento florístico de la parte centro-occidental del país como parte de proyectos financiados por Conacyt, CONABIO e INE. Actualmente labora como Técnico Académico Titular A en el Jardín Botánico del Cieco, donde se desarrollan colecciones nacionales de bosques templados y tropicales. Últimamente ha publicado artículos sobre florística y ecología.

Martínez González, Javier Eduardo

Institución: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG).
Correo electrónico: jmartinezg@guanajuato.gob.mx
Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad de León, en el año 2000 inicia sus actividades profesionales en la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato como apoyo en la elaboración y diseño de planos cartográficos y en el manejo de los Sistemas de Información Geográfica en la Dirección de Estudios y Monitoreo, actualmente cursa un postgrado en Tecnologías de Información y se encuentra encargado del Centro de Información Hidroclimatológica del Estado de Guanajuato.

Martínez Uriarte, Desiree

Institución: Federación Internacional de Arquitectos Paisajistas
Correo electrónico: desiree@netvoice.com.mx.
Áreas de Interés: Arquitectura de paisaje y planeación ambiental.
Trayectoria profesional: Egresada de la Universidad Técnica de Munich de la carrera de Arquitectura de Paisaje. Desde 1992 ha realizado proyectos de Arquitectura de Paisaje y Planeación Ambiental como la Reserva Natural Xochitla en el Estado de México y la restauración paisajística de Canal Nacional en las Delegaciones Iztapalapa y Coyoacán. Ha participado en diversas publicaciones como autora y coautora. Presidió la Sociedad Mexicana de Arquitectos Paisajistas en los bienios 2003-2004 y 2005-2006. Es delegada de México en la Federación Internacional de Arquitectos Paisajistas y actualmente es Secretaria de la Región de las Américas de esta organización.

Martínez Vázquez, Ma. Azul del Rocío

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), División de Ciencias Naturales y Exactas.
Áreas de Interés: Mejoramiento genético de entomopatógenos, y diferenciación en levaduras.

Trayectoria profesional: QFB egresada de la Universidad de Guanajuato, donde realizó una Maestría en ciencias y ha realizado una estancia de investigación en la Universidad de Salamanca, España. Actualmente es estudiante del programa de Doctorado en Biología Experimental de Universidad de Guanajuato. Tiene una patente nacional en registro y ha presentado cuatro ponencias en congresos nacionales e internacionales. Ha contribuido a la formación de varios estudiantes de licenciatura y posgrado.

Martínez y Díaz, Mahinda

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Facultad de Ciencias Naturales.
Correo electrónico: mahinda@uaq.mx.
Áreas de Interés: Florística y taxonomía.
Trayectoria profesional: Egresado de la Licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, doctorado en Botánica en la Universidad de Texas en Austin. Actualmente es Profesor-Investigador de la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales e imparte cátedras de Botánica, Biología de Plantas Acuáticas, Anatomía Vegetal, Vegetación de México. Tiene 28 publicaciones en revistas científicas y 12 en libros y capítulos de libros, ha dirigido dos tesis doctorales, cinco de maestría y nueve de licenciatura y ha sido responsable de 10 proyectos de investigación financiados.

Mastachi Loza, Carlos Alberto

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Laboratorio de Hidráulica, Facultad de Ingeniería.
Correo electrónico: mastachii@hotmail.com.
Áreas de Interés: Servicios Ambientales.
Trayectoria profesional: Biólogo, estudiante de Doctorado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro. Ha trabajado en temas relacionados sobre Evaluación de Pago por Servicios Ambientales hídricos en bosque pino-encino en el Estado de México, evaluación del proceso de evapotranspiración en el lago de Pátzcuaro y pérdidas por intercepción de la vegetación del semiárido en el estado de Guanajuato y Querétaro.

Mauricio Gutiérrez, Amparo

Institución: Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Cinvestav Unidad Irapuato. Laboratorio Microbiología Ambiental.
Correo electrónico:amauricio@ira.cinvestav.mx.
Áreas de Interés: Biotecnología de plantas.
Trayectoria profesional: Licenciatura en Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, egresada del programa de doctorado del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Campus Guanajuato, con la especialidad de Biotecnología de Plantas. Su experiencia laboral incluye manejo microbiológico de Agrobacterias, Licopersicum y bacterias de la rizosfera de plantas acuáticas. Así como efectos del paratión sobre especies de crustáceos Cladocera. Entre sus publicaciones cuenta con un artículo arbitrado en Journal of Phytoremediation del 2009, un documento en extenso con registro ISBN del Environmental Biotechnology and Engineering (2IMEBE). Ha participado en siete congresos de la especialidad de microbiología de organismos presentes en humedales. Desde junio del 2009 viene fungiendo como profesor de tiempo completo en la Universidad Tecnológica de Tehuacán, Puebla. Responsable como Jefe de Operaciones en la Fundación Prioridad a la Vida, A.C. de Tehuacán, Puebla.

Medel Ortíz, Rosario

Institución: Universidad Veracruzana (UV), Instituto de Investigaciones Forestales.
Correo electrónico: romedel@uv.mx.
Áreas de Interés: Taxonomía, sistemática, ecología, diversidad, ascomicetes.
Trayectoria profesional: Bióloga por la Universidad Veracruzana, realizó estudios de maestría y doctorado en la Universidad Autónoma de Nuevo León. Desde 1988, se ha dedicado al estudio de los ascomicetos, ha publicado más de 25 artículos científicos y cuatro capítulos de libros.

Medina Fuentes, Estefanía

Institución: Universidad de Guanajuato (UG).
Áreas de Interés: Ciencias Ambientales.
Trayectoria profesional: Actualmente cursa la Maestría en Ciencias del Agua, en la Facultad de Geomática e Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Guanajuato. Estudió la carrera de Oceanología en la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California. Es asesor ambiental y su experiencia profesional se ha basado en calidad del agua. Ha trabajado en instituciones como la Universidad Autónoma de Baja California, y ha apoyado proyectos en la Secretaría de Marina, SIAD Consultores y actualmente en ECOGROUP Asesoría Ambiental.

Mendiola Amador, Abigaíl

Institución: Consultor independiente
Correo electrónico: mendiamador@yahoo.com.mx.
Áreas de Interés: Estudios de Impacto Ambiental, Rescate de Flora, Educación Ambiental, Seguimiento Ambiental de proyectos.

Trayectoria profesional: Egresada de la Carrera de Biología, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Estudios de Maestría en Conservación y Protección Ambiental, Universidad Iberoamericana, Plantel León. Con experiencia en Educación ambiental al participar dentro de la Dirección de Educación Ambiental del Instituto de Ecología. Del 2004 a la fecha es profesionista independiente en el área de consultoría ambiental teniendo experiencia en el rescate de cactáceas, asesoría y gestión ambiental en proyectos carreteros, fraccionamientos, campos de golf y bancos de material.

Mendoza Elos, Mariano

Institución: Instituto Tecnológico de Roque (ITR), Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST).
Correo electrónico: mmendoza66@hotmail.com.
Áreas de Interés: Fitomejoramiento.
Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro como Doctor en Ciencias en Fitomejoramiento. Profesor investigador de licenciatura y posgrado, nombramiento de profesor de tiempo con perfil deseable Programa de Mejoramiento del Profesorado (Promep), líder del cuerpo académico denominado Tecnología de Semillas ANUIES, nivel I del sistema nacional de investigadores. Línea de investigación en fitomejoramiento, producción de semilla, uso y manejo de recursos filogenéticos. Miembro de la red de monitoreo de organismos genéticamente modificados y de la red de biotecnología para la agricultura y alimentación (Conacyt). Dirección de al menos diez proyectos de investigación, asesor de más de 30 tesis a nivel de licenciatura, maestría y doctorado, publicación de más de 30 artículos y presentación de alrededor de 100 trabajos en eventos científicos.

Mercado Silva, Norman

Institución: Universidad de Guadalajara (UDG), Centro Universitario de la Costa Sur.
Correo electrónico: normanmercado@yahoo.com.
Trayectoria profesional: Profesor en el Departamento de Ecología y Recursos Naturales del Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara e investigador en la AZ. Coop. Fish & Wildlife Unit (Universidad de Arizona). Fue asociado posdoctoral en el Instituto de Ecología, A.C. Biólogo por la Facultad de Ciencias, UNAM, con estudios de posgrado en la Universidad de Wisconsin, EUA. Ha impartido clases en diversas instituciones. Investigación: ecología y conservación de especies de peces de agua dulce, con especial interés en ecosistemas mexicanos; ecología de especies invasoras; biomonitoreo. Es autor de 27 artículos científicos y capítulos de libros. Ha participado en congresos y simposios tanto nacionales como extranjeros y publicado diversos artículos y capítulos de libros. Participa activamente diversas sociedades científicas. Ha participado en comités académicos para estudiantes de licenciatura y posgrado.

Molina Torres, Jorge

Institución: Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Cinvestav Unidad Irapuato.
Correo electrónico: jmolina@ira.cinvestav.mx.
Áreas de Interés: Fitobioquímica de compuestos bioactivos en plantas endémicas de Mesoamérica.
Trayectoria profesional: Egresado de la Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. Estudios de Doctorado en la Universidad del norte de Gales, Gran Bretaña. Fundador de la Unidad Irapuato del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. Biotecnología e Ingeniería Genética de Plantas. Laboratorio de Fitobioquímica. Pertenece al SNI nivel II. 55 publicaciones, 220 citas en publicaciones, 35 tesis dirigidas, cuatro de maestría y cuatro de doctorado. Responsable del proyecto Apoyo al Estudio Biotecnológico de la Flora del Altiplano Mexicano.

Montaldo Valdenegro, Hugo H.

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Correo electrónico: montaldo@servidor.unam.mx.
Áreas de Interés: Diseño de programas de selección y evaluación de sistemas de cruzamientos; aplicación de la genética molecular en programas de mejoramiento genético en animales.
Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México de Licenciatura y Maestría en 1989. Realizó estudios de Doctorado en la Universidad de Nebraska-Lincoln y una estancia Posdoctoral en la Universidad de Nueva Inglaterra, en Australia. Los estudios de Posgrado se orientaron hacia el mejoramiento animal. Actualmente es Profesor-Investigador del Departamento de Genética y Bioestadística de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Participa en diversos programas de Posgrado en México. Es investigador Nacional nivel II del Sistema Nacional de Investigadores del Conacyt. Autor o coautor de al menos 45 publicaciones en revistas nacionales e internacionales indizadas y ha sido director de múltiples proyectos.

Montenegro Calderón, José Guadalupe

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), División de

Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato.
Correo electrónico: mimoli_99@hotmail.com.
Áreas de Interés: Hongos fitopatógenos con interés en el proceso de interacción Patógeno-Huésped y el control biológico de malezas.
Trayectoria profesional: Egresado de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Maestría en Ciencias (Biología) de la Universidad de Guanajuato. Actualmente es estudiante del programa de Doctorado en Ciencias (Biología) de la Universidad de Guanajuato. Ha presentado cuatro ponencias en congresos internacionales y seis nacionales.

Montes Hernández, Salvador

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.
Correo electrónico: montes.salvador@inifap.gob.mx
Áreas de Interés: Recursos Genéticos y Evolución
Trayectoria profesional:Ingeniero Agrónomo, con Maestría en Botánica Agrícola y doctorado en Biología por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es investigador de las redes de Recursos Genéticos y Bioenergía. Las áreas de estudio son Conservación de recursos genéticos vegetales, Etnobotánica, Evolución de plantas y Biología de polinización de plantas. La experiencia profesional es de 27 años de participación en diversos proyectos relativos a la utilización y conservación de recursos genéticos, en diferentes cultivos y regiones de México. Cuenta con diversos artículos científicos sobre utilización y estudio de recursos genéticos en México. Ha participado en 21 congresos nacionales e internacionales con temas relativos al estudio de los recursos genéticos vegetales de México.

Mora Hernández, Luis Demetrio

Institución:Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Campus Juriquilla.
Áreas de Interés:Algas y plantas vasculares acuáticas
Trayectoria profesional:Pasante de Biología de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro. Interés de estudio en algas y plantas vasculares acuáticas. Ha asistido a un curso sobre ecología de fitoplancton y realizó un semestre de estudio en Biología en Costa Rica.

Morales Hernández, Claudia Erika

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato.
Áreas de Interés: Patogenicidad y mejoramiento genético de entomopatógenos
Trayectoria profesional: QFB egresada de la Universidad de Guanajuato. Realizó una Maestría en ciencias en la Universidad de Guanajuato y ha realizado una estancia de investigación en la Universidad de Salamanca, España. Actualmente es estudiante del programa de Doctorado en Biología Experimental de Universidad de Guanajuato. Ha presentado tres ponencias en congresos nacionales e internacionales. Ha contribuido a la formación de varios estudiantes de licenciatura y posgrado.

Morón Ríos, Miguel Ángel

Institución: Instituto de Ecología, A.C. (INE).
Correo electrónico:miguel.moron@inecol.edu.mx.
Áreas de Interés: Sistemática y biología de Coleópteros Scarabaeoidea.
Trayectoria profesional: Profesor-Investigador titular "C" del Instituto de Ecología, A.C. Xalapa. Investigador SNI nivel 3. Biólogo, Maestro y Doctor en Ciencias por la Universidad Nacional Autónoma de México. Ha impartido cátedra en varias instituciones nacionales y latinoamericanas. Línea de investigación: sistemática y biología de Coleópteros Scarabaeoidea. Autor o coautor de 280 publicaciones científicas y de divulgación. Premio de Investigación Científica 1992 AMC.

Navarrete Cruz, Victoria E.

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato.
Correo electrónico:vicnaoli@hotmail.com.
Áreas de Interés: Bioética.
Trayectoria profesional: QFB y Magister en Bioética, Universidad Nacional de Cuyo/OPS-OMS. Miembro fundador en 1993 del Centro de Investigaciones en Bioética, actualmente en reorganización. Ha publicado varios artículos y capítulos de libro sobre temas de bioética. Ha impartido cátedra de bioética en la Universidad de Guanajuato y otras instituciones. Miembro de la Academia Nacional Mexicana de Bioética y de la Comisión Estatal de Bioética del Estado de Guanajuato. Miembro del Consejo Directivo de la Federación Latinoamericana de Instituciones de Bioética (Felaibe).

Olalde Portugal, Víctor

Institución: Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Cinvestav Unidad Irapuato.
Correo electrónico: v_olalde@yahoo.com.mx.
Áreas de Interés:Microbiología del suelo, Biotecnología Microbiana.

Trayectoria profesional: Químico Bacteriólogo y Parasitólogo, Maestría y Doctorado en Microbiología con especialidad en Suelos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. Investigador 3 C del Cinvestav Unidad Irapuato, nivel III del SNI y miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Responsable del Laboratorio de Bioquímica Ecológica. 76 artículos en revistas arbitradas, 11 artículos de divulgación, 43 memorias en extenso en congresos internacionales y nacionales, 170 presentaciones en congresos. Ocho capítulos de libros, dos libros editados. Tesis dirigidas: 21 Doctorado, 18 maestría, 45 licenciatura. Cuatro desarrollos tecnológicos y 50 conferencias.

Orozco Uribe, Landy Carolina

Institución: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato.
Correo electrónico: landy.orozco@conanp.gob.mx.
Trayectoria profesional: Originaria de Zapopan, Jalisco. Egresada de la Universidad de Guadalajara. Como especialista en fauna, ha trabajado en este rubro para Comisión Federal de Electricidad (CFE), instituciones educativas y consultorías privadas. En el periodo 2005-2008 se desarrolló como promotora y verificadora del Programa de Servicios Ambientales de la Comisión Nacional Forestal (Conafor). Actualmente se desempeña en la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) en la administración de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato.

Pacheco Aguilar, Juan Ramiro

Institución:Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Facultad de Ciencias.
Correo electrónico: ramiro.pacheco@uaq.mx.
Áreas de Interés: Biotecnología de Plantas.
Trayectoria profesional: Doctor en Biotecnología Vegetal, Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del IPN; Maestro en Biotecnología Vegetal Cinvestav-Irapuato. Candidato al Sistema Nacional de Investigación (SNI). Desde 2006 se incorpora como docente y en el 2008 como investigador y coordinador de la carrera de Químico Agrícola en la facultad de Química de la UAQ. Ha participado en congresos nacionales e internacionales y es responsable de tres proyectos relacionados a la producción de biofertilizantes, conservación de especies endémicas y el tratamiento de efluentes industriales.

Padilla Vaca, Felipe

Institución:Universidad de Guanajuato (UG), División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato.
Correo electrónico: padillaf@ugto.mx.
Áreas de Interés: Bioquímica y biología molecular de parásitos.
Trayectoria profesional: Químico Farmaco Biólogo, M. en C. y Doctor en Ciencias en Biología. Ha publicado artículos, capítulos de libro y libros como autor o coautor sobre sus áreas de estudio. Es miembro de la Sociedad Mexicana de Parasitología, Sociedad Mexicana de Bioquímica y la American Society of Parasitologists. Actualmente se desempeña como Profesor del Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Guanajuato.

Palafox Solís, Patricia Graciela

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), Campus Guanajuato.
Áreas de Interés: Remediación ambiental.
Trayectoria profesional: Licenciada en Biología egresada de la Universidad Autónoma de Nuevo León. El título de su tesis de licenciatura es “Determinación de Zn, Fe, Cr y Cd en plantas que crecen en jales mineros del Monte de San Nicolás en Guanajuato, Guanajuato” bajo la asesoría del doctor Gilberto Tijerina Medina y del doctor Gustavo Cruz Jiménez. Actualmente es profesor de tiempo parcial en el Departamento de Minas y Metalurgia, Geología y Ambiental de la División de Ingenierías del Campus Guanajuato.

Pantoja Hernández, Yolanda

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).
Áreas de Interés: Flora y vegetación.
Trayectoria profesional: Bióloga egresada de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro, con maestría en ciencias en la misma Facultad. Actualmente participa en la creación de la base de datos del Herbario Jerzy Rzedowski (QMEX), patrocinado por CONABIO. Recientemente colaboró en el proyecto “Estado Actual de la Flora y Vegetación nativa del municipio de Querétaro y zona conurbada”, en la parte de Flora y en la elaboración de mapas. He participado en los últimos dos congresos mexicanos de botánica.

Paredes Melesio, Roberto

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.
Correo electrónico: rparedesm59@gmail.com.
Áreas de Interés: Conservación de Suelos
Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad Au-

tónoma Agraria Antonio Narro, en la especialidad de fitotecnia, en el Colegio de Postgraduados obtuvo el titulo de Maestro en Ciencias en Edafología. Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) desde 1986 a la fecha, coordinador regional del nodo Agua-Suelo del Cir-Centro del INIFAP; del 2003 a la fecha representante de INIFAP en la Comisión Estatal de Información Geográfica (CEIG) en Guanajuato; Gestor de imágenes SPOT del INIFAP ante la Secretaría de Marina de México a través de la Estación de Recepción México, de la constelación SPOT (ERMEX). Desde 2007 responsable y colaborador de diversos proyectos apoyados con Fondos Mixtos de Conacyt .

Parra Negrete, Luis A.

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), Campus Irapuato-Salamanca.
Áreas de Interés: Genética Vegetal.
Trayectoria profesional: Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Guanajuato, obtuvo una Maestría en Genética vegetal en el CP, Montecillos, México y el Doctorado (PhD) sobre Ciencia de las Plantas en la Universidad de Reading, Inglaterra. Es profesor de la Universidad de Guanajuato, donde imparte las materias de Genética, Sistemas Agropecuarios, Practicas Agropecuarias. Su área de investigación es Recursos Genéticos con énfasis en Agaváceas e interacción de especies hortícola, aromáticas y medicinales en traspatio. Ha presentado más de 20 ponencias en foros nacionales, dirigido 12 tesis de licenciatura y dos de Maestría. Es responsable del Centro de Agave de la Universidad de Guanajuato

Partida Pizzini Flores, Vittoria Eugenia

Institución: Consultora ARBOCETA MEXICANA S.C.
Correo electrónico: vittoria@prodigy.net.mx; info@arboceta.com.
Áreas de Interés: Diseño Gráfico, Arquitectura del Paisajes, Vegetación Nativa y Medio Ambiente.
Trayectoria profesional: Egresada como Diseñador de la Comunicación Grafica, UAM–Xochimilco en 1980. Ha completado cursos relacionados con Artes Graficas Digitales en Cornell University y Publicidad y Mercadotecnia en Thompkins College, NY., 2003-2007. Fundadora y Gerente de Producción de las empresas: agencia de publicidad Sintesis Sistemas de Comunicación Integral, S.A. de C.V., 1980-1990 y Estudio Jeroglífico, 1991-2008 y cofundadora de Arboceta Mexicana, S.C., 2008. Ha desarrollado campañas de publicidad, diseño corporativo y de imagen, pagina web y actualmente en Diseño de Paisajes; colaborando con diversas empresas gubernamentales como IEE Guanajuato, INIFAP, y privadas como Productos Dolche del Bajío S.A. de C.V., entre otras.

Peña Cabriales, Juan José

Institución: Instituto Politécnico Nacional (INIFAP), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Cinvestav Unidad Irapuato.
Correo electrónico: jpena@ira.Cinvestav.mx.
Áreas de Interés: Microorganismos del suelo de importancia agrícola, las transformaciones microbianas de N y P en agrosistemas; ecofisiología de interacciones planta-microorganismo; y bio-remediación de suelos.
Trayectoria profesional:Químico Bacteriólogo Parasitólogo de ENCB-IPN en la Ciudad de México, una especialización en microbiología en Empraba, Brasil y sus estudios de Maestría y Doctorado de la Universidad de Cornell, N.Y., especializándose en Ecología de Microorganismos del Suelo. Obtuvo la Maestría en Administración Pública, Universidad de Harvard, Cambridge, MA (Ciencia y Tecnología). Ha graduado 40 estudiantes de licenciatura, 19 maestros en Ciencias y 19 doctores, quienes en su mayoría forman parte del SIN. Pertenece a la Academia Mexicana de Ciencias, Academia Nacional de Ciencias Agrícolas de México, Sistema Nacional de Investigadores, Nivel III, y participa como Experto del Organismo Internacional de Energía Atómica en el uso de las técnicas nucleares en la investigación agrícola. Es Doctor Honoris Causa por la Universidad Autónoma de Nuevo León. En el 2007 es Premio como Tamaulipeco Distinguido (investigación) por parte de la Universidad México Americana del Norte, A.C. Ha realizado estancias de investigación en ex Yugoslavia, Brasil, Austria e Italia, con más de 100 publicaciones científicas y de divulgación. Ha editado cuatro libros y publicado 19 capítulos en diferentes obras de su especialidad.

Pineda López, Raúl

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Gestión Integrada de Cuencas.
Correo electrónico: rfpineda@uaq.mx.
Áreas de Interés: Parasitología de animales, la conservación de ambientes acuáticos de agua dulce y el manejo de cuencas.
Trayectoria profesional: Ha colaborado en la publicación de 35 artículos científicos en revistas nacionales e internacionales, seis libros y la dirección de dos tesis de doctorado, ocho de maestría y 12 de licenciatura. Los proyectos que ha desarrollado recientemente incluyen los ordenamientos ecológicos del municipio de León, Gua-

najuato y de la cuenca de la laguna de Zapotlán, Jalisco; el análisis de la fauna de la zona metropolitana de Querétaro; la evaluación de las acciones de manejo de cuatro microcuencas en Querétaro y la línea de base científica para el manejo integrado de la subcuenca específica Támbula Picachos en San Miguel de Allende en Guanajuato.

Polaco, Óscar J.

Institución: Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico.
Áreas de Interés: Arquezoología y paleontología de vertebrados
Trayectoria profesional: Biólogo egresado de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Profesor-Investigador del Instituto Nacional de Antropología e Historia y profesor de asignatura de la carrera de Biología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Impartió 12 cursos a nivel licenciatura y dos de especialidad en paleontología. En su producción académica cuenta con 205 publicaciones y participó con 165 trabajos en congresos nacionales e internacionales. A nivel de divulgación impartió 135 conferencias y desarrolló 10 guiones museográficos para museos de historia natural y paleontología.

Pons Hernández, José Luis

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.

Quezada Guzmán, Esperanza

Institución:Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes.
Correo electrónico: quezada.esperanza@inifap.gob.mx
Áreas de Interés: Sistemática, Florística y Ecología vegetal; Florística de especies silvestres del norte-centro, con énfasis en especies de importancia económica.
Trayectoria profesional:Estudió la carrera de Biología en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional y la maestría en Ciencias sobre Manejo de Agroecosistemas y Recursos Naturales en la Universidad Autónoma de Aguascalientes. De 1974 a 1981 se desempeñó como Investigadora del Herbario Nacional de Maleza del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). De 1981 a la fecha es responsable del Herbario Regional CIAN, en el Campo Experimental de Pabellón, Aguascalientes, como Investigadora titular del INIFAP. Principales líneas de investigación: Sistemática, Florística y Ecología de arvenses; Florística de especies silvestres del norte-centro, con énfasis en especies de importancia económica. Coordinó el proyecto Recuperación y Conservación de Cactáceas en la Altiplanicie Central, México.

Quijano Carranza, Juan Ángel

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.
Correo electrónico: quijano.juanangel@inifap.gob.mx.
Áreas de Interés: Agronomía, Agroclimatología, Producción Ecológica de Cultivos.
Trayectoria profesional: Egresado de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Maestría en Producción Agrícola. Investigador Titular del INIFAP en el Campo Experimental Bajío. Coordinador regional de la Red de Modelaje y responsable del Laboratorio de Modelaje Dinámico del CE Bajío, donde se desarrollan modelos de crecimiento de plantas y organismos dañinos para la agricultura. Responsable de proyectos para la Estimación del Potencial de Cultivos en función de las características del Clima y el Suelo, Desarrollo de coberturas de Seguro Agrícola en función de índices agroclimáticos y Diseño de Sistemas de Alerta Fitosanitaria basados en el manejo de modelos agrometeorológicos.

Quintanar Olguín, Juan

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental San Martinito, Puebla.
Correo electrónico: quintanar.juan@inifap.gob.mx.
Áreas de Interés: Tecnología de productos forestales.
Trayectoria profesional: Egresado de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. Realizó una Maestría en Tecnología de la madera. Actualmente es Investigador en el Campo Experimental San Martinito del Cirgoc-INIFAP. Es coordinador regional del nodo de Productos forestales en la red de Manejo Forestal Sustentable, donde estudia aspectos relacionados con el secado de la madera y su impacto en la industrialización. Ha publicado dos artículos en revistas internacionales y presentado 15 ponencias en congresos nacionales. Ha sido responsable de tres proyectos de investigación apoyado por fondos sectoriales del Conacyt.

Quintero Díaz, Gustavo Ernesto

Institución: Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), Departamento de Biología.
Correo electrónico: gequintmx@yahoo.com.mx / gequintmx@hotmail.com.

Áreas de Interés: Zoología y conservación.
Trayectoria profesional:Biólogo de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural en el Colegio de la Frontera Sur (Ecosur). Técnico académico, Profesor de la Universidad Autónoma de Aguascalientes; Jefe del Departamento de Zoología del IMAE. Coautor de dos libros sobre Anfibios y Reptiles de Aguascalientes (1997 y 2005). Ha publicado 16 artículos internacionales y dos nacionales. Ha presentado 26 ponencias en congresos nacionales y tres internacionales. Dirige dos tesis de licenciatura y cinco talleres de investigación. Responsable de dos proyectos de investigación apoyados por CONABIO, UICN y Red de Análisis para Anfibios Neotropicales Amenazados. Evaluador de la uicn en el Taller de Reptiles de México, y evaluador del Taller Pronatura/The Nature Conservancy sobre Anfibios y Reptiles del centro y occidente de México. Presidente del Grupo "Conservación de la Biodiversidad del Centro de México" A.C.

Ramírez Esquivel, María Guadalupe

Institución: Comunidad El Platanal, Municipio de Xichú
Correo electrónico: fionaesquyl@yahoo.com.mx.
Áreas de Interés: Conservación de los recursos naturales.
Trayectoria profesional:Es conservacionista e instructora comunitaria de primaria y secundaria desde hace seis años. Su interés por la naturaleza comenzó cuando llegó a vivir al Platanal y conoció el Río Santa María. Participa activamente en la educación formal y ambiental en su comunidad, así como en el proyecto ecoturístico del Platanal.

Ramírez Malagón, Rafael

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), Campus Irapuato-Salamanca
Correo electrónico: ramirafa@ugto.mx
Áreas de Interés: Biotecnología de plantas, mejoramiento genético
Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad de Guanajuato, como Ingeniero Agrónomo. Realizó una Maestría en Biología de Plantas y un Doctorado en Biotecnología de Plantas. Actualmente es Profesor de la Universidad de Guanajuato e imparte las asignaturas de Física II, Fisiología Vegetal y Cultivo de Plantas de Ornato a nivel Licenciatura y de Problemas Fisiológicos en Maestría. Es el coordinador del Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales, donde desarrolla investigación sobre Propagación y Mejoramiento Genético de Plantas. Ha presentado 50 ponencias en congresos y dirigido 26 tesis de licenciatura y es responsable de un proyecto de investigación apoyado por Sagarpa.

Ramírez Pimentel, Juan Gabriel

Institución: Instituto Tecnológico de Roque (ITR), División de Estudios de Posgrado e Investigación.
Correo electrónico: drjgrp2004@yahoo.com.mx
Trayectoria profesional: Ingeniero Bioquímico egresado del Instituto Tecnológico de Celaya, realizó estudios de doctorado en biotecnología de plantas en el Cinvestav Unidad Irapuato. Actualmente es Profesor-Investigador en el ITR, es encargado del laboratorio de sanidad de semillas y biología molecular, donde estudia aspectos relacionados con estrés hídrico en plantas, es responsable de un proyecto de investigación apoyado por Concyteg. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Roque. km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, C.P. 38110, Celaya, Gto.

Ramírez Sánchez, Martín

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.
Correo electrónico: ramirez.martin@inifap.gob.mx
Áreas de Interés: Investigación pecuaria.
Trayectoria profesional: Egresado como médico veterinario, de la Universidad Autónoma Metropolitana -Xochimilco. Realizó una maestría en el área de nutrición de rumiantes en la Universidad Nacional Autónoma de México. En la actualidad se desempeña como investigador titular del INIFAP, en el área de transferencia de tecnología pecuaria y es colaborador de la Unidad Técnica Especializada Pecuaria del Estado de Guanajuato.

Raya Pérez, Juan Carlos

Institución: Instituto Tecnológico de Roque (ITR)
División de Estudios de Posgrado e Investigación-ITR
Correo electrónico: juancarlos.raya@gmail.com
Trayectoria profesional: Biólogo egresado de la FES-Iztacala, UNAM. Realizó una maestría en el Centro de Botánica del Colegio de Posgraduados y doctorado en biotecnología de plantas en Cinvestav Unidad Irapuato. Actualmente es Profesor-Investigador del ITR donde estudia aspectos relacionados en la domesticación de plantas y purificación de proteínas.

Reyes Ríos, Dora María

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), Campus Irapuato-Salamanca.
Correo electrónico: doramrr@ugto.mx.
Áreas de Interés: Conservación y restauración de suelos.
Trayectoria profesional: Egresada de la Universidad Autó-

noma Agraria Antonio Narro, en Buena Vista Saltillo Coahuila. Realizó una Maestría en Suelos. Cuenta con cinco Diplomados de Formación Docente. Actualmente apoya al Departamento de Ciencias Ambientales en Docencia y es Coordinadora del Sistema de Manejo Ambiental en la División Ciencias de la vida, Universidad de Guanajuato. Ha realizado trabajos en campo sobre rehabilitación de suelos con problemas físico-químicos y aplicación de agricultura orgánica. Publicaciones: un capítulo en libro, uno a nivel internacional, ocho artículos de difusión nacional. 33 participaciones en eventos científicos estatales nacionales e internacionales y foros.

Reynoso, Víctor Hugo

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Biología.
Correo electrónico:vreynoso@ibiologia.unam.mx
Áreas de Interés: Herpetología, Sistemática, Paleontología, Biogeografía, Ecología y Evolución.
Trayectoria profesional: Doctorado por la Facultad de Estudios de Posgrado y el Museo Redpath de la Universidad McGill en Canadá, donde también fue profesor. Licenciatura y Maestría en Ciencias por la Facultad de Ciencias de la UNAM. Actualmente labora como Investigador Titular "A" y curador de la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles en el Instituto de Biología de la UNAM y reconocido como Investigador Nacional SNI Nivel 1. Ha recibido la Medalla Gabino Barreda, el Brian Patterson Award, el Premio Anual IMP y el Premio al Mérito Ecológico 2004. Es autor de 33 artículos en científicos y nueve capítulos de libro de investigación, siete artículos de divulgación, dos en formato digital, la edición de un libro y cinco memorias. Es profesor de la Facultad de Ciencias donde ha impartido las cátedras de Biología Evolutiva, Paleobiología, Evolución y Taller de Ecología y Evolución de Anfibios y Reptiles y ha impartido 11 cursos especializados y 21 conferencias de divulgación nacionales y extranjeras. Ha recibido apoyo para proyectos de investigación por Conacyt, CONABIO, PAPIIT, Pemex, FMCN, National Geographic y Concyteg. Ha dirigido 17 servicios sociales, 27 tesis de licenciatura y ocho tesis de posgrado.

Rincón Rodríguez, Ricardo

Institución: Ecogrup Consultoria
Correo electrónico: rinconrr@prodigy.net.mx
Áreas de Interés: Aprovechamiento sustentable de Recursos Naturales
Trayectoria profesional: Ingeniero Forestal egresado de la Universidad Distrital de Bogotá, con Maestría en Desarrollo sustentable de la Universidad Industrial de Santander y Doctorado en curso en Tecnología Ambiental por el sistema Ciatec-Conacyt. Como consultor en el área ambiental ha desarrollado estudios y proyectos en 11 de las 22 áreas naturales del estado, además de haber realizado más de 70 estudios relacionados con el manejo de recursos naturales. Director y lector de cuatro tesis de licenciatura y maestría sobre medio ambiente y recursos naturales del estado y responsable técnico de proyectos como investigador de Concyteg.

Ríos Ruíz, Santa Ana

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Bajío
Correo electrónico: rios.santana@inifap.gob.mx
Trayectoria profesional: Egresada de la Facultad de Agronomía "Facultad Lázaro Cárdenas", de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Estudios de Maestría en Desarrollo Rural en el Colegio de Postgraduados. Actualmente Investigadora-editora en el INIFAP, Campo Experimental Bajío. Colabora en proyectos de transferencia de tecnología en el Cebaj y es responsable de la edición de libros, artículos científicos, memorias, folletos técnicos y para productores en la región Circe del INIFAP. En los últimos tres años ha impartido talleres de redacción científica y técnica a personal investigador del INIFAP de varios centros del país.

Rocha Rodríguez, Ramiro

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.
Correo electrónico: ramyron@hotmail.com.
Áreas de Interés:Agronomía, Agroclimatología, Producción de Hortalizas.
Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad Autónoma Chapingo. Investigador Titular del INIFAP en el Campo Experimental Bajío. Responsable del Programa de Papa del CE Bajío, donde se desarrollan tecnologías para optimizar el rendimiento haciendo uso racional de los recursos agua y suelo. Colaborador en el Proyecto de Desarrollo de Variedades de papa, para consumo directo y uso industrial y en el Sistema de Alerta Fitosanitaria del Estado de Guanajuato

Rodríguez Betancourt, Daniel

Institución: Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, Dirección de Mejoramiento Ambiental.
Correo electrónico: drodriguezb@guanajuato.gob.mx.

Áreas de Interés: Impacto ambiental.
Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad de Guanajuato en la Licenciatura en Ingeniería de Minas, de la facultad de Minas Metalurgia y Geología. En el área ambiental participó en la modificación de la Norma Técnica Ambiental NTA-IEE-002/2007, que establece las especificaciones de localización y parámetros de diseño para sitios de explotación de materiales pétreos (2007).Participó en la realización del estudio de censo de bancos de materiales pétreos en el Estado, (2008-2009). Actualmente se está revisando y modificando la Norma Técnica Ambiental NTA-IEG-006/2002 que establece los lineamientos para la elaboración de los estudios de impacto ambiental y estudios de riesgo en el Estado, así como el Reglamento de Evaluación en Materia de Impacto Ambiental de la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado.

Rodríguez Chávez, Héctor Enrique

Institución: Consultor independiente.
Correo electrónico: heroch66@gmail.com.
Áreas de Interés: Impacto ambiental.
Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes en la Licenciatura en Biología, realizó un estudio de especialización en la Cooperativa Cesaflor (Centro per lo Sviluppo Orto-Floro Vivaistico e Selvicolturale en Pistoia, Italia). Desde 1996 Consultor Ambiental, y actualmente Asesor independiente en la evaluación de Manifestaciones de Impacto Ambiental perteneciente a la Dirección de Impacto Ambiental y Manejo de Residuos del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. Participó en el Proyecto CONABIO V002 "Colección Científica del Museo de Historia Natural Alfredo Dugès" y en el de Conacyt "Identificación de las especies vegetales con usos potenciales en tres áreas naturales protegidas del estado de Guanajuato para su posible explotación y uso sustentable".

Rodríguez Guerra, Raúl

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental General Terán.
Correo electrónico: rodriguez.raul@inifap.gob.mx.
Áreas de Interés: Fitopatología, Biotecnología.
Trayectoria profesional: Egresado de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, con maestría en Parasitología Agrícola y doctorado en Biotecnología de Plantas. Actualmente es investigador titular en el INIFAP. Sus líneas de investigación incluyen diversidad genética y patogénica de fitopatógenos, agentes de biocontrol y fuentes de resistencia en plantas contra fitopatógenos. Ha dirigido seis proyectos de investigación, formado 40 recursos humanos a nivel de licenciatura, maestría y doctorado, publicado 17 artículos y presentado más de 150 trabajos en congresos. Recibió el Premio Nacional por Tesis de Investigación de Doctorado en Biotecnología 2002-2003, otorgado por AgroBIO México.

Rodríguez Vázquez, Flor A.

Institución: El Charco del Ingenio, A.C.
Correo electrónico: charcodelingenio@gmail.com.

Romo García, Martha Elena

Institución: Consultor independiente.
Correo electrónico:mromo.garcia@hotmail.com.
Áreas de Interés: Estudios de Diagnósticos y Programas de Manejo para Áreas Naturales Protegidas, Impacto Ambiental y Docencia.
Trayectoria profesional: Egresada de la ENEP Iztacala, UNAM, en la Licenciatura de Biología. Con diplomado en Gestión y Administración de Instituciones Educativas. Diplomado en Educación Abierta y a Distancia. Diplomado en Gestión Ambiental. Se ha desempeñado como docente en la UNAM y en la UTL. Participación en el Congreso Nacional de Zoología. Ha asumido la Jefatura de la Sección de Moluscos Marinos en la Dirección de Oceanografía de la Secretaría de Marina. Jefatura de los Talleres de Capacitación para el Trabajo en el sistema educativo SABES del Estado de Guanajuato. Empleado de tiempo parcial en el Instituto Politécnico Nacional en la separación e identificación de plancton marino. Consultor ambiental, en las especialidades de: Diagnósticos Ambientales, Programas de Manejo de Áreas Naturales, Estudios de flora y fauna, Estudios de ruido e impacto ambiental en diversos giros.

Rosas Barajas, José Alfredo

Institución:Centro de Investigación Aplicada en Tecnologías Competitivas, A.C. (Ciatec).
Correo electrónico: arosas@ciatec.mx.
Áreas de Interés: Ingeniería aplicada en estadística y análisis de mercado.
Trayectoria profesional: Egresado del Instituto Tecnológico de Celaya, de la carrera de Ingeniería Industrial Química, cuenta con una maestría en Administración por parte de la Universidad de Guanajuato, ha participado en estudios de mercado y sectoriales de la industria del cuero y del calzado desde 1989, actualmente se desempeña como tecnólogo

titular B en el área de Inteligencia competitiva en el Ciatec y participado en la elaboración de los estudios como VISION 20-20, prospección en estudios estadísticos y de mercado para diferentes empresas del calzado, la proveeduría así como la elaboración de estudios sectoriales para diferentes instituciones públicas y privadas del país.

Rosas Cárdenas, Flor de Fátima

Institución:Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Cinvestav Unidad Irapuato.
Áreas de Interés: Biotecnología de Plantas.
Trayectoria profesional: Egresada del Instituto Tecnológico de Celaya. Realizó una maestría en Biotecnología de Plantas. Actualmente es estudiante de doctorado del Cinvestav Irapuato donde estudia aspectos relacionados con el desarrollo de frutos. Ha presentado cinco ponencias en congresos nacionales. Ha publicado un artículo, un capítulo de un libro y una revisión relacionados con el tema.

Rzedowski Rotter, Jerzy

Institución: Instituto de Ecología A.C. (Inecol), Centro Regional del Bajío-Inecol.
Correo electrónico: jerzy.rzedowski@inecol.edu.mx.
Áreas de Interés: Sistemática de plantas vasculares, fitogeografía de México.
Trayectoria profesional: Egresado de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del Instituto Politécnico Nacional (IPN); doctorado de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Laboró en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, en el Colegio de Postgraduados, en la ENCB del IPN y desde 1984 trabaja en el Instituto de Ecología, A.C. Sus principales actividades actuales son la elaboración, coordinación y edición de la obra Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, los estudios de la sistemática del género Bursera, así como la edición de la revista Acta Botánica Mexicana. Ha publicado 30 fascículos de la Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, 125 artículos en revistas, siete libros y 47 capítulos de libros.

Sáenz Villa, Luis

Institución: Grupo Ecoturístico El Platanal, Xichú, Sierra Gorda, Guanajuato.
Correo electrónico:fionaesquyl@yahoo.com.mx.
Áreas de Interés: Conservación.
Trayectoria profesional:Es conservacionista y naturalista aficionado. Ha vivido toda su vida en la Sierra Gorda, posee desde edad temprana una gran sensibilidad por la naturaleza y cree firmemente en el desarrollo sustentable. Ha contribuido en varios proyectos científicos como guía, técnico de campo, asesor y conocedor de la Sierra.

Salas Araiza, Manuel Darío

Institución:Universidad de Guanajuato (UG), División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato.
Correo electrónico:salasm@ugto.mx
Áreas de Interés:Entomología, Taxonomía, Biología
Trayectoria profesional:Egresado de la Escuela de Agronomía y Zootécnica de la Universidad de Guanajuato. Estudios de Maestría y Doctorado en el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Profesor de tiempo completo en el Departamento de Agronomía de la Universidad de Guanajuato donde imparte las materias de Entomología general, Entomología Aplicada y Comunicación Oral y Escrita. Ha publicado 24 artículos en revistas científicas arbitradas e indexadas, seis libros y dos capítulos de libro, 37 artículos en memorias en extenso y 57 ponencias en Congresos de la especialidad. Miembro de Entomological Society of American desde hace 20 años, de la Sociedad Mexicana de Entomología y de la Sociedad Mexicana de Control Biológico. Cofundador del Laboratorio de Reproducción de Organismos Benéficos Ceasveg-UG. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I.

Salazar Olivo, Luis A.

Institución: Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, División de Biología Molecular.
Correo electrónico: olivo@ipicyt.edu.mx
Áreas de Interés: Tejidos Vegetales.
Trayectoria profesional:Biólogo por la Universidad Autónoma de Nuevo León y Doctor en Ciencias por el Cinvestav-IPN. Actualmente es Profesor-Investigador Titular en la División de Biología Molecular del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, en donde estudia la diferenciación del tejido adiposo y sus patologías, así como el efecto de compuestos naturales sobre la obesidad y la diabetes. Ha sido responsable de diversos proyectos financiados por el Conacyt, ha publicado una docena de artículos en revistas internacionales indizadas, ha dirigido dos tesis doctorales, 14 tesis de maestría en ciencias y cinco de licenciatura.

Salazar Solís, Eduardo

Institución:Universidad de Guanajuato (UG), División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato, Salamanca.
Correo electrónico: salazare@ugto.mx.
Áreas de Interés:Entomología, Manejo Integrado de Pla-

gas, Control Biológico, Producción Masiva de Organismos Benéficos.
Trayectoria profesional: Agrónomo egresado de la Universidad de Guanajuato, realizó estudios de maestría y doctorado en el Colegio de Postgraduados, así como cursos de Agricultura Sustentable. Actualmente es Profesor titular de la Universidad de Guanajuato. Profesor de asignaturas de Manejo Integrado de Plagas (en licenciatura y maestría), Botánica y Agricultura Sustentable. Fundador y director durante ocho años del Laboratorio de Reproducción de Organismos Benéficos de Cesaveg-ICA (UG). Desarrolló el programa de manejo integrado de la chinche del sorgo que se aplica en Guanajuato desde hace 20 años, y programas de control biológico de la Palomilla Dorso de Diamante, para la araña roja en fresa, permitiendo la obtención de fresa libre de plaguicidas. Actualmente trabaja en el control de cucarachas con hongos y en el control de araña roja en macrotúneles (Proyecto apoyado por Concyteg). Ha participado en la Sociedad Mexicana de Entomología, Sociedad Mexicana de Control Biológico y en la Entomological Society of America

Sanabria Ordoñez, Fermín Thonathiu

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Biología.
Correo electrónico: fermin.thonathiu@gmail.com.
Áreas de Interés:Ecología, conservación y estudios moleculares.
Trayectoria profesional:Pasante de Biólogo de la Facultad de Ciencias de la UNAM y tesista en el Instituto de Biología. Actualmente colabora en el apoyo técnico en la Colección Nacional de Aves (Cnav) y en colectas de ejemplares para los proyectos de investigación, principalmente el de Barco de Of Life como voluntario.

Sanaphre Villanueva, Lucía

Institución:Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Maestría en Gestión Integrada de Cuencas.
Correo electrónico: lsanaphre@gmail.com
Áreas de Interés: Restauración ecológica, comunidades de plantas, ecología funcional, SIG.
Trayectoria profesional: Egresada de licenciatura y maestría de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro; actualmente estudiante de doctorado en el Centro de Investigación Científica de Yucatán. Ha colaborado en ordenamientos ecológicos de municipios y del estado de Querétaro tanto desde el gobierno como de la academia, y en la elaboración de planes de manejo y cartografía de microcuencas.

Sánchez Cordero, Víctor

Institución:Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Biología.
Correo electrónico: victor@ibunam2.ibiologia.unam.mx.
Áreas de Interés:Biogeografía, Ecología y Conservación de mamíferos.
Trayectoria profesional: Biólogo egresado de la Facultad de Ciencias de la UNAM, con estudios de maestría y doctorado en la Universidad de Michigan, Ann Arbor, MI, EUA. Cuenta con 121 artículos en revistas con arbitraje de circulación internacional y cuatro libros, las publicaciones más relevantes se incluyen en Science (1; 1999), Nature (1; 2002), Proceedings of the National Academy of Sciences USA (1; 2000) y PLoS ONE (1; 2009). Cuenta también con más de 40 proyectos aprobados del Conacyt, CONABIO, FMCN, National Science Foundation, MacArthur Foundation y forma parte de diversos comités evaluadores y editoriales. Actualmente es Investigador Titular C de tiempo completo del Departamento de Zoología del Instituto de Biología de la UNAM e integrante del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 3.

Sánchez Herrera, Óscar

Institución: Consultor independiente
Correo electrónico: teotenango@yahoo.com
Áreas de Interés: Mastozoología, herpetología, biogeografía, conservación de vida silvestre.
Trayectoria profesional: Biólogo egresado de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México; en tres décadas ha producido 46 contribuciones científicas, 10 libros y 16 artículos de divulgación. Ha desempeñado cargos públicos y en institutciones academicas, así como en sociedades científicas nacionales e internacionales.

Sánchez Luna, Marina

Institución:Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Biología.

Sánchez Sánchez, Claudia Karina

Institución:Universidad de Guanajuato (UG), Campus Guanajuato.
Áreas de Interés:Ciencias Ambientales (fitorremediación)
Trayectoria profesional:Químico Farmacéutico Biólogo por la Universidad de Guanajuato. Trabajó el proyecto de tesis "Efecto del selenio en la toxicidad del Cd y As en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)", bajo la asesoría del doctor Gustavo Cruz Jiménez y la doctora Ma. Guadalupe de la Rosa Álvarez. Actualmente estudia la maestría de Biociencias en el Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato.

Segovia Estrada, Juan Gabriel

Institución: Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG).
Correo electrónico:gsegovia@guanajuato.gob.mx
Áreas de Interés:Gestión del agua y manejo de cuencas, participación social.
Trayectoria profesional: Licenciado en Derecho, con especialidad de Notario Público. Tiene Diplomados en Gestión Integral del Agua y Manejo de Cuencas Hidrográficas en la Universidad Iberoamericana, así como artículos publicados sobre el tema. Ha laborado desde 1999 a la fecha en instituciones relacionadas con el agua y el medio ambiente; en la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato, formó parte de la Dirección General de Gestión Social, en el Consejo Estatal Hidráulico del Estado de Guanajuato como Asesor Jurídico, en la misma CEAG, en el área de Concursos, Contratos y Convenios de la Dirección Jurídica y actualmente desempeña el cargo de Director de Fomento a la Participación Social de la misma institución.

Segura Nieto, Magdalena

Institución:Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Cinvestav Unidad Irapuato.
Correo electrónico: msegura@ira.cinvestav.mx.
Áreas de Interés:Filogenética, Biología Molecular de Plantas, Epigenética.
Trayectoria profesional:Egresada de la Facultad de Química de la Universidad de Guanajuato como Químico Farmacéutico Biólogo. Obtuvo grados de Maestro en Ciencias y Doctorado, en el Departamento de Biología Celular en el Cinvestav, México. En Europa realizó dos estancias posdoctorales, en el Grupo de Movilidad Celular, en la Universidad de Estocolmo, en Suecia y en el Laboratorio de Química de Proteínas de Plantas, en la Universidad Estatal de Gante, Bélgica. Desde 1985 es Profesor Titular en Cinvestav, Unidad Irapuato, responsable de varios proyectos relacionados con estudios moleculares y bioquímicos de proteínas de varios tipos de semillas: amaranto, trigo, cebada, frijol y maíz. Ha participado en proyectos internacionales en estudios proteínicos durante la embriogénesis somática del café (*Coffea arabica* cv *Catimor*) y sobre embriogénesis somática de la caña de azúcar (*Saccharum* sp. var CP-5243). Responsable del proyecto “Biodiversidad proteómica y calidad nutricional de las principales razas de maíces criollos de “El Bajío” de Guanajuato, en colaboración con investigadores de INIFAP. Y actualmente responsable del proyecto “Estrategias bioquímicas y moleculares para identificar biomarcadores de calidad nutrimental de granos y semillas”.

Silva Rosales, Laura

Institución:Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Cinvestav Unidad Irapuato.
Correo electrónico: lsilva@ira.cinvestav.mx.
Áreas de Interés: Virología vegetal.
Trayectoria profesional:Egresada de la UAM Iztapalapa en Biología Experimental. Maestría en Fisiología vegetal de la Universidad de Cambridge, Inglaterra. Doctorado en Biotecnología de Plantas del Cinvestav Irapuato con trabajo experimental de la Universidad Estatal de Oregon, EUA. Miembro del SNI desde 1996. Ha publicado 27 artículos científicos, participado con 72 trabajos en congresos nacionales e internacionales, dirigido seis tesis de licenciatura, tres de maestría y cuatro de doctorado. Ha sido responsable de diez proyectos de investigación apoyados por agencias varias. Dirige el laboratorio de Interacciones Planta-Virus en Cinvestav Irapuato. Colabora con investigadores de la UNAM, Cibnor, y Universidad de Laval.

Siqueiros Delgado, Ma. Elena

Institución:Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA).
Correo electrónico: masiquei@correo.uaa.mx
Áreas de Interés: Sistemática vegetal y florística
Trayectoria profesional: Egresada de Biología de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Realizó su doctorado en Botánica en la Universidad de Graduados de Claremont, CA, USA. Desde 1982 es Profesor-Investigador de tiempo completo del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma de Aguascalientes con las cátedras de Botánica, Sistemática y Taxonomía vegetal. Su trabajo de investigación ha versado principalmente en la flora del estado de Aguascalientes y sistemática de gramíneas, especificamente Chloridoideae. Actualmente está incursionando en la sistemática de encinos mexicanos. Los resultados de sus proyectos han sido publicados en libros y en revistas nacionales e internacionales.

Solano Camacho, Eloy

Institución:Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES-Zaragoza).
Correo electrónico:solacael@yahoo.com.mx
Trayectoria profesional: Doctor en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Biólogo, FES-Zaragoza, UNAM. Profesor de Carrera Titular “A”, FES-Zaragoza. Especialista en géneros herbáceos de Agavaceae. Ha dirigido 30 tesis de licenciatura, tres de maestría, una de doctorado. Responsable

de proyectos de investigación. Ha dictado 23 conferencias sobre biodiversidad y biogeografía de angiospermas. Ponente en 47 Congresos. Ha revisado y dictaminado 13 proyectos de investigación, nueve artículos para su publicación en revistas especializadas. Publicado 11 artículos en revistas nacionales y extranjeras, destacan cinco nuevas especies de la familia Agavaceae. Ha escrito dos capítulos de libros.

Solís González, Salvador

Institución:Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Áreas de Interés:Ciencias Ambientales (fitorremediación).
Trayectoria profesional:Pasante de la licenciatura de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, actualmente realiza su tesis "Listado florístico en jales mineros del Distrito Minero de Guanajuato" bajo la asesoría del doctor Gustavo Cruz Jiménez y la M.C. Marlene Gómez Peralta de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, actualmente profesor de Biología del propedéutico de la Universidad de Guanajuato de la División de Ciencias exactas y Naturales.

Soto Ávila, Abraham

Institución:Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG).
Correo electrónico:asotoavi@guanajuato.gob.mx.
Trayectoria profesional: Ingeniero Civil por la Universidad Autónoma de Coahuila y estudios de Maestría en Ingeniería Hidráulica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Se ha desempeñado como auxiliar de proyectos en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua en proyectos de optimización de redes de agua potable. Desde el año 2002 labora como jefe de departamento de Planeación Hidráulica en la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato, desempeñándose principalmente en los trabajos de planeación hidráulica y para el desarrollo en conjunto con los estados de la Cuenca Lerma Chapala de políticas de distribución de aguas superficiales.

Suárez Carrasco, Claudia A.

Institución: Sociedad de Arquitectos Paisajistas de México
Correo electrónico:claudia@sapm.com.mx.
Áreas de Interés: Arquitectura de paisaje.
Trayectoria profesional:Egresada de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Realizó estudios de Ecología del Paisaje en la Universidad Central de Chile. Obtuvo el premio "Ricardo Arancón García" otorgado a la mejor tesis teórica de licenciatura por el trabajo titulado Espacios Abiertos Patrimoniales. Ha participado como ponente en mesas de debate y congresos con temas sobre la conservación del patrimonio paisajístico. Ha colaborado en diversos proyectos de investigación con temas sobre paisaje urbano y sustentabilidad. Actualmente es miembro de la Sociedad de Arquitectos Paisajistas de México y tiene a su cargo la Secretaría General.

Suárez Paniagua, Susana

Institución:Universidad de Guanajuato (UG).
División de Ciencias Sociales y Humanidades campus León.
Correo electrónico: susuarez@quijote.ugto.mx.
Áreas de Interés: Sociología.
Trayectoria profesional: Doctora en Ciencias Políticas y Sociales con orientación en Sociología, de la Universidad Nacional Autónoma de México, Maestra en Estudios Regionales del Instituto José María Luis Mora. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I. Actualmente Directora de la División de Ciencias Sociales y Humanidades del Campus León, de la Universidad de Guanajuato. Responsable del proyecto de investigación "El estudio de la Transformación socioespacial de la zona Silao Romita de la Región del corredor industrial del Bajío". Ha impartido diversos cursos en las licenciaturas de Sociología, Antropología Social y Administración Pública. Ha publicado varios artículos y libros.

Suzan Azpiri, Humberto

Institución: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Facultad de Ciencias Naturales.
Áreas de Interés: Ecología.
Trayectoria profesional:Egresado de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la UAM, especialidad en Estadística aplicada y doctorado en Botánica. Profesor de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro desde 1997. Miembro del SNI desde 1997, ha publicado 15 artículos científicos y capítulos de libro, participado en más de 10 congresos, dirigido cuatro tesis de licenciatura y cuatro de posgrado, ha sido responsable de ocho proyectos de investigación apoyados por Conacyt.

Téllez Girón, Guadalupe

Institución: Consultor independiente
Correo electrónico: teotenango@yahoo.com
Áreas de Interés: Mastozoología y museología.
Trayectoria profesional: Bióloga egresada de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Laboró por varios años como personal académico de la Colección Mastozoológica del Instituto de Biología y

también en el antiguo Centro de Ecología, ambos de la UNAM. Ha publicado distintas contribuciones científicas, sobre todo en temas relacionados con murciélagos y ha colaborado en sociedades científicas.

Terrones Rincón, Teresita del Rosario Lucía

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.
Correo electrónico:rosarioterrones@prodigy.net.mx.
Áreas de Interés:Árboles Nativos, Sistemas Agroforestales y Medio Ambiente.
Trayectoria profesional:Doctora en Agricultura Sustentable, Cornell University, EUA; Maestra en Ciencias Ambientales, Fundation Universitaire Luxemburgoise, Bélgica; e Ingeniera Agrónoma, UAM Xochimilco. Desde 1982 a 2007 se desempeña como investigadora del INIFAP; coordinando más de 20 proyectos regionales y estatales relacionados con agroforesteria y arbustivas nativas; manejo integrado de plagas y agroclimatología. Ha participado en congresos nacionales e internacionales y ha generado diversas publicaciones. Actualmente es consultora colaborando con el IEE y otras empresas, mantiene proyectos de investigación con Concyteg e INIFAP y participa en Maestrías y Diplomados de las Universidades Iberoamericana de León, Guanajuato y en la Autónoma de Querétaro.

Toledo Hernández, Víctor Hugo

Institución:Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Centro de Educación Ambiental e Investigación Sierra de Huautla (Ceamish).
Correo electrónico: victor.toledo@uaem.mx.
Áreas de Interés: Taxonomía, Filogenia, Biogeografía, Historia Natural y Faunística de Cerambycidae y Cleridae (Insecta: Coleoptera); Ecología y Biodiversidad de Insectos.
Trayectoria profesional:Egresado de la Facultad de Biología de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Maestría en Recursos Naturales y Desarrollo Rural, con orientación en Entomología Tropical en El Colegio de la Frontera Sur. Doctorado en el Posgrado de Ciencias Biológicas de la UNAM. Actualmente es Profesor e Investigador, e imparte la cátedra de Invertebrados y Taxonomía de Insectos en la Facultad de Ciencias, UAEM. Es curador de la colección de insectos Cibyc-UAEM y desarrolla proyectos sobre diversidad alfa, beta y gama de Cerambycidae y Cleridae en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos. Forma parte del Cuerpo Académico Biología del Dosel del Cibyc-UAEM, y el curador de la Colección de Insectos de la Universidad de Morelos (CIUM), resguardada en el Cibyc-UAEM.

Torres Guzmán, Juan Carlos

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato.
Correo electrónico: torguz@ugto.mx.
Áreas de Interés: Genética molecular de hongos entomopatógenos empleados en el control biológico de plagas y genética molecular de levaduras de interés industrial.
Trayectoria profesional: Doctorado en la Universidad de Salamanca, España y estancia postdoctoral en la Universidad de Alberta, Canadá. Actualmente Profesor titular de Universidad de Guanajuato, imparte cursos en Licenciatura y Posgrado. Es co-responsable del Laboratorio de Genética Molecular de Hongos donde realiza estudios sobre diferenciación en levaduras y hongos filamentosos, y metabolismo del etanol. Miembro del SNI y reconocimiento de profesor con Perfil Deseable otorgado por la SEP. Ha publicado 16 artículos científicos en revistas con arbitraje internacional, publicaciones en revistas indizadas, un libro y una patente nacional. Ha titulado un Doctor en ciencias, 15 Maestros en ciencias y 19 Licenciados. Es responsable de proyectos apoyados por SEP, Conacyt y la Universidad de Guanajuato.

Uriarte Garzón, Pedro

Institución: Parque Ecológico de Irapuato, A.C. (PEI).
Correo electrónico: uriartegp@gmail.com.
Áreas de Interés: Manejo y monitoreo de fauna silvestre; Educación ambiental.
Trayectoria profesional: Biólogo egresado de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Ha impartido cursos sobre manejo de reptiles, anfibios y arácnidos. Desarrolló el proyecto de inventario faunístico dentro del Área Natural Protegida “Cerro de Arandas”, en Irapuato, Guanajuato, con apoyo de Conacyt-Concyteg; colaboró en el proyecto sobre la diversidad de anfibios, reptiles y aves del Área de Protección de Flora y Fauna “Sierra de Quila”, Jalisco, junto con el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. Colaboró en proyectos de educación ambiental junto con el Centro de Ciencias de Sinaloa y el Museo de Historia Natural “Alfredo Dugès” de la Universidad de Guanajuato.

Valencia Posadas, Mauricio

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca.
Correo electrónico: posadas@ugto.mx.
Áreas de Interés: Diseño de programas de selección en caprinos y bovinos lecheros; estimación de parámetros genéticos y predicción de valores genéticos.

Trayectoria profesional: Egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco en 1983. Realizó estudios de Maestría y Doctorado en Ciencias Veterinarias en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, área mejoramiento genético animal. Actualmente es Profesor-Investigador y Coordinador de Investigación y Posgrado de la División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, de la Universidad de Guanajuato. Es investigador Nacional nivel I del Sistema Nacional de Investigadores del Conacyt. Autor y coautor de al menos 20 publicaciones en revistas nacionales e internacionales indizadas y director del proyecto de mejoramiento genético de caprinos lecheros en Guanajuato desde el año 2000. Participa en diversos programas de Posgrado en México.

Valtierra Suárez, José

Institución: Consultor independiente.
Correo electrónico: valtierra640915@prodigy.net.mx.
Áreas de Interés:Aprovechamiento sustentable de recursos naturales.
Trayectoria profesional: Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Guanajuato, ha trabajado como prestador de servicios profesionales en el Instituto de Ecología de Estado de Guanajuato como asesor de áreas naturales protegidas en proyectos de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Programa nacional de microcuencas, elaboración y ejecución de proyectos relacionados con las ecotecnologías. Tiene cursos y diplomados en Programas de manejo sustentable de los recursos naturales, conservación de humedales, diagnósticos y elaboración de planes rectores de producción y conservación de recurso naturales, diseño y ejecución de acciones de conservación de suelo y agua y rehabilitación de microcuencas.

Vargas Colmenero, Emilio

Institución: Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE)
Correo electrónico: biologo.evcolmenero@gmail.com.
Áreas de Interés: Ordenamiento Ecológico, Áreas Naturales Protegidas, Restauración Ecológica.
Trayectoria profesional: Biólogo egresado de la Universidad de Guadalajara. Ha participado en proyectos de conservación de Tortuga Marina en las Costa de los Estados de Jalisco y Chiapas, desarrollo de proyectos ecoturísticos en el estado de Guanajuato, monitoreo de fauna intermareal en Islas Cocinas (Chamela, Jalisco). Colaboró en el Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero en la sección del Sector Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura. Actualmente es supervisor de proyectos de ordenamiento ecológico, proyectos de conservación de suelo, agua, aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en el Estado de Guanajuato y monitoreo a partir de herramientas SIG.

Vázquez Marrufo, Gerardo

Institución: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología.
Correo electrónico: hongo_indigo@prodigy.net.mx.
Áreas de Interés: Ecología Molecular Microbiana, Biotecnología Microbiana.
Trayectoria profesional: Químico Farmacobiólogo Universidad de Guanajuato. Maestría en Ciencias en el Instituto de Investigación en Biología Experimental, de la misma Universidad. Doctor en Ciencias con especialidad en Biotecnología de Plantas, Cinvestav IPN, Unidad Irapuato. Profesor-Investigador Titular C, Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UMSNH Perfil Promep, SNI candidato. 13 artículos en revistas, cinco de divulgación en nacionales, 12 capítulos de libro, 18 publicaciones in extenso en congresos, 111 presentaciones en congresos y 23 tesis de licenciatura, cuatro de maestría y una de doctorado.

Vela Santoyo, Carolina

Institución: Instituto Tecnológico Superior de Irapuato.
Trayectoria profesional: Estudiante de la licenciatura en Bioquímica en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI), en laespecialidad de análisis de aguas. Tiene interés en el estudio químico y biológico de cuerpos de aguas interiores y en el análisis de la biodiversidad de las especie. Ha participado en jornadas de divulgación científica, cursos talleres y un verano estatal de la investigación. Su meta a corto plazo es terminar satisfactoriamente la carrera y continuar con un posgrado.

Vieyra Hernández, Ma. Teresa

Institución: Universidad de Guanajuato (UG), División de Ciencias Naturales y Exactas.
Correo electrónico:mtvh3@yahoo.com.mx.
Áreas de Interés:Manejo y conservación de recursos naturales.
Trayectoria profesional: Egresada de la Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Realizó su Maestría en Ciencias (Manejo y Conservación de Recursos Naturales), Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Querétaro. Actualmente está concluyendo sus estudios de Doctorado en Ciencias (Manejo y Conser-

vación de Recursos Naturales) en la UMSNH. Ha trabajado en el laboratorio de bioquímica y biología de hongos del Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales Exactas, campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato. Ha participado en proyectos de investigación de bioquímica y fisiología de hongos. Cuenta con una publicación internacional, seis presentaciones en congresos nacionales y seis en internacionales.

Villagómez Loza, Mario Alberto

Institución: Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas A.C.
Correo electrónico:mvillagomez@ciatec.mx.
Áreas de Interés: Medio Ambiente y Recursos Naturales
Trayectoria profesional:Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques egresado de la Universidad Autónoma de Chapingo, con estudios de Maestría en Administración por la Universidad Autónoma de Guadalajara, participó en el Tercer Curso FAO/Austria sobre las Técnicas de Construcción de Caminos y de Aprovechamiento Forestal, fue Investigador Titular y Experto Nacional de la Red de Investigación de Productos Forestales del INIFAP; ha publicado dos artículos en Ciencia Forestal. Colaboró en diversas empresas privadas y, recientemente, fue Delegado Federal de la Semarnat en el Estado de Guanajuato. Actualmente se desempeña como Asesor del Ciatec.

Villanueva Díaz, José

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Cenid RASPA
Correo electrónico: villanueva.jose@inifap.gob.mx.
Áreas de Interés: Dendroclimatología, Dendroecología, Manejo de Cuencas Hidrológicas.
Trayectoria profesional: Egresado de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Realizó una maestría en Aprovechamiento y Conservación de los Recursos Agua, Suelo en el ITESM, Nuevo León, y un doctorado en Manejo de Cuencas Hidrológicas en la Universidad de Arizona. Actualmente es investigador en Dendrocronología con aplicaciones paleoclimáticas y ecológicas. Ha presentado más de 100 ponencias en congresos nacionales e internacionales, publicado más de 50 artículos científicos y dirigido siete tesis, entre ellas de licenciatura, maestría y doctorado. Es Coordinador Nacional de la red en Servicios ambientales del INIFAP y responsable de proyectos con financiamiento nacional e internacional.

Villordo, Emiliano

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío.

Vizcaíno González, Luisa

Institución: Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, Dirección de Recursos Naturales.
Correo electrónico: lvizcaino@guanajuato.gob.mx.
Áreas de Interés: Áreas Naturales Protegidas, Manejo Forestal e Impacto Ambiental.
Trayectoria profesional:Ingeniera Forestal Industrial egresada de la Universidad Autónoma Chapingo. Ha participado en proyectos de Programas de Manejo Forestal en Guanajuato, y elaboración de estudios técnicos justificativos y manifestaciones de impacto ambiental en Guanajuato. Actualmente es responsable de proyectos relacionados con la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en Áreas Naturales Protegida en el estado de Guanajuato y participación en el comité técnico forestal del Estado de Guanajuato.

Zamora Martínez, Marisela Cristina

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología Animal (Cenid).
Correo electrónico:zamora.marisela@inifap.gob.mx.
Áreas de Interés:Recursos forestales no maderables, Macromicetos.
Trayectoria profesional: Egresada de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (IPN). Investigadora titular del Centro Nacional en Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (INIFAP). Responsable del Herbario Nacional Forestal (INIF). Línea de investigación sobre recursos forestales no maderables, principalmente, monitoreo de macromicetos comestibles. Ha presentado 50 ponencias en congresos nacionales e internacionales, publicado 40 trabajos científicos, divulgativos y técnicos. Dirigido nueve tesis de licenciatura. Responsable de un proyecto de investigación apoyado por el fondo sectorial Conafor-Conacyt, uno de CONABIO, colaboradora de uno financiado por Semarnat-Conacyt-CONABIO. Consultora de la FAO. Editora de la Revista Ciencia Forestal en México.

Zamudio Ruíz, Sergio

Institución: Instituto de Ecología A.C. (Inecol), Centro Regional del Bajío.
Correo electrónico: sergio.zamudio@inecol.edu.mx.
Áreas de Interés: Taxonomía vegetal, florística y estudios de vegetación.

Trayectoria profesional: Biólogo y Doctorado en Biología Vegetal, ambos en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es Investigador Titular A del Instituto de Ecología, A.C. y Curador General del Herbario del Centro Regional del Bajío (IEB). Ha sido Director del Centro Regional del Bajío y Jefe del Departamento de Flora del Bajío del Instituto de Ecología A.C. Ha publicado 32 artículos en revistas arbitradas, dos libros y 14 capítulos de libro. Ha impartido 15 conferencias por invitación y presentado 25 ponencias en congresos y simposia. Ha dirigido cuatro tesis de licenciatura.

Zorrilla Ramos, María

Institución: Consultora independiente.
Correo electrónico: mariazr10@gmail.com.
Áreas de Interés: Territorio, sociedad, estudios regionales.
Trayectoria profesional: Maestra en Estudios Regionales por el Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, y Licenciada en Ciencia Política por el Instituto Tecnológico Autónomo de México. Entre 1995 y 2003 trabajó en el área de la Política Ambiental en diversos cargos en el Gobierno Federal, tanto en la Semarnap como en el Instituto Nacional de Ecología. Desde 2003 a la actualidad se ha dedicado a la investigación y consultoría en temas que vinculan territorio, medio ambiente y sociedad, con un enfoque en el análisis de políticas públicas y ordenamiento del territorio.

Zúñiga Tovar, Berta

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Ciencias Campus Juriquilla.
Trayectoria profesional: Sus áreas de estudio son la ecología vegetal, ecología y conservación de zonas áridas, y proyectos de manejo de cuencas, particularmente proyectos desarrollados por la Universidad Autónoma de Querétaro. Ha colaborado en la publicación de cuatro artículos científicos en revistas nacionales e internacionales. Asimismo, ha sido titular de los cursos de Enología y Ecología de Zonas Áridas de la licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma de Querétaro. Los proyectos en que ha participado recientemente incluyen la línea de base científica para el manejo integrado de la subcuenca específica Támbula Picachos en San Miguel de Allende en Guanajuato, y Estado de Conservación del Palo Fierro (*Olneya tesota*) y especies asociadas en el Desierto Sonorense.



La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado vol. II



Se terminó de imprimir en diciembre de 2012
en Editorial Impresora Apolo, S. A. de C. V.
Centeno 162, Col. Granjas Esmeralda 09810, México D.F.
Se imprimieron 2000 ejemplares.


CONABIO
GOBIERNO FEDERAL


gto
orgullo y compromiso de todos
Instituto Estatal de Ecología